



IGME

937

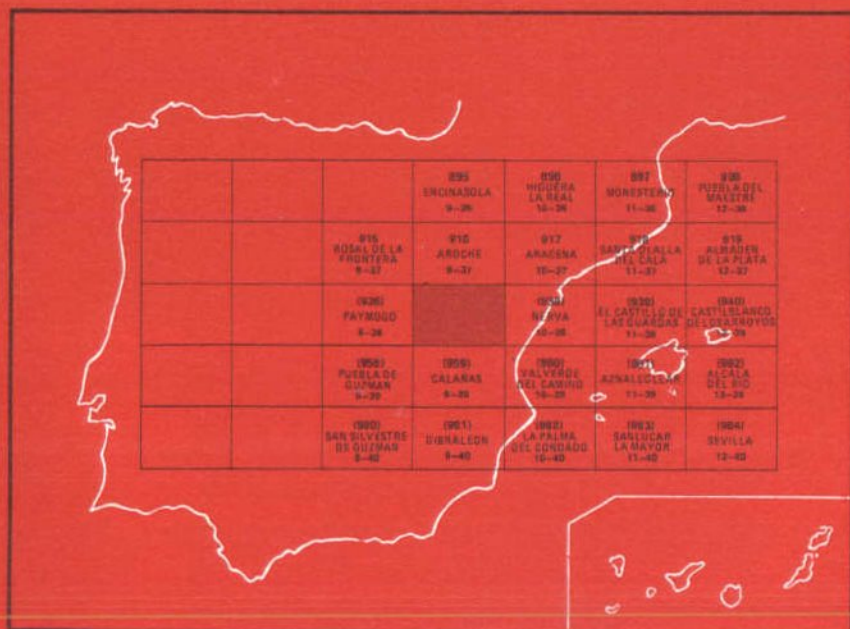
9-38

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

EL CERRO DE ANDEVALO

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

EL CERRO DE ANDEVALO

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del I.G.M.E., habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

Memoria: Américo Santos Bonaño y Francisco Contreras Vázquez

Petrología: Teresa Nodal Ramos

Supervisión Estudios Petrográficos: Casilda Ruiz García

También se ha contado con la asesoría del Ingeniero de Minas D. José María Zapardiel Palenzuela para la confección de esta Hoja.

En el trabajo de campo de la mitad occidental de la Hoja ha colaborado: José D. Borrero Domínguez.

Se pone en conocimiento del lector que en el I.G.M.E. existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas, álbum fotográfico y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - 28036 Madrid

Depósito Legal: M. 42.276 - 1984
I.S.B.N.: 84-7474-278-1

Imprime Gráficas Topacio, S.A. - Príncipe de Vergara 210 - 28002 Madrid

1 INTRODUCCION

La Hoja de El Cerro de Andévalo está situada en la parte centro-occidental de la provincia de Huelva, al NNO de su capital. Pertenece a la Comarca del Andévalo.

Geológicamente se encuentra en la Zona Sur-portuguesa (LOTZE, 1945), mejor llamada Ibérica suroccidental (STRAUSS, G.K. 1965), que constituye la parte más meridional del Macizo Hespérico, próxima al límite norte con la Zona de Ossa-Morena, marcado al S de las sierras de Aroche y Aracena. La Hoja forma parte de lo que se conoce como Faja Pirítica Hispano-Portuguesa, que debe su nombre a las importantes masas piríticas que se localizan en materiales volcánicos y volcano-sedimentarios.

La morfología es medianamente accidentada, con altitudes mayores en la zona norte, hasta de 644 m. (Vértice Peña la Vaca), e inferiores a 200 m al sur; en la parte central las cotas oscilan alrededor de 250 m, siendo la máxima de 452 m (Cerro de Andévalo).

La red hidrográfica, poco importante, pertenece a las cuencas del Guadiana y Odiel, en las zonas occidental y oriental de la Hoja, respectivamente.

La pluviometría en la región es muy irregular, con precipitaciones máxi-

mas entre Noviembre y Abril, y prácticamente nulas en verano. La media anual es del orden de 600 mm, aunque puede sufrir grandes fluctuaciones.

En la casi totalidad de esta Hoja afloran materiales paleozoicos (devónico-carboníferos, y puede que inferiores), con asomo de rocas intrusivas correspondientes al final del ciclo hercínico y pequeños recubrimientos de Pliocuaternario y/o Cuaternario. La formación inferior se considera al "Pulo de Lobo", de filitas cuarzosas y cuarcitas que corresponden al Devónico, con base desconocida, puede incluir términos más antiguos (CARVALHO, D. et all. 1976). El Carbonífero representado es el inferior (Dinantense), que se inicia con un complejo volcánico-sedimentario (aunque éste puede comenzar ya en el Devónico Superior) y sigue con pizarras y grauvacas en facies turbidíticas de edad Viseense (Culm).

El Paleozoico fue deformado por la Orogenia Hercínica, con varias fases se produjeron grandes fallas inversas o cabalgamientos, pliegues asimétricos de vergencia al S. y macroestructuras de dirección aproximada E-O. Dentro de la zona estudiada se encuentran: Flanco Sur del Anticlinorio de la Formación "Pulo de Lobo", Sinclinorio San Telmo-Santa Bárbara, Anticlinorio El Cerro-Cabezas Rubias, y el Flanco Norte del Sinclinorio Carbonífero (Culm) que se extiende al S de esta Hoja y N de Calañas.

El interés minero de la zona es grande por pertenecer a la Faja Pirítica Hispano-Portuguesa y tener amplia representación el Complejo Volcánico-sedimentario, que constituye el horizonte portador de las mineralizaciones de sulfuros polimetálicos y depósitos de manganeso, que se vienen explotando con diferente intensidad desde épocas prehistóricas.

En rocas industriales las posibilidades son escasas; sólo los pequeños afloramientos graníticos y localmente algunas rocas volcánicas podrían ofrecer cierto interés. También son pobres los recursos hidrogeológicos, pues el carácter impermeable de las litologías paleozoicas hace que la región sea prácticamente nula para almacenar aguas subterráneas.

Las poblaciones más importantes son: El Cerro de Andévalo, Cabezas Rubias, Santa Bárbara de Casas, El Perrunal-Los Silos, Valdelamusa, San Telmo, Montes de San Benito y La Joya.

Las principales vías de comunicación son las carreteras: de Huelva a Portugal por Rosal de la Frontera, de Ayamonte a Aracena, de Valverde del Camino a Cabezas Rubias, y las que parten de El Cerro de Andévalo a Valdelamusa, a San Telmo y a El Perrunal y Calañas. Otras vías de comunicación son los ferrocarriles Zafra-Huelva y el minero de la Compañía Española de Minas de Tharsis desde Corrales a la Zarza.

Entre los trabajos geológicos precedentes en la zona se encuentran:

- Mapa geológico de España 1:50.000 (El Cerro de Andévalo) núm.

937, ARMENGOT DE PEDRO, J. (1970).

- Mapa de síntesis 1:200.000 (Sevilla) núm. 75.

- Mapa geológico 1:25.000. F. AYE, M. LECOLLE, G. ROGER 1974 (ROUTHIER, P. et all. 1980).

- Mapa geológico 1:25.000. DEL CAMPO RUIZ, M., ADARO (inédito).

- Investigaciones geológico-mineras en concesiones de Minas de Thar-sis.

2 ESTRATIGRAFIA

El esquema litoestratigráfico general de la Faja Pirítica “sensu lato” se sintetiza en el cuadro de la página siguiente.

2.1 DEVONICO (D)

Los materiales que se incluyen aquí se extienden ocupando una franja continua por toda la parte N. de la Hoja, separada al S del resto de los materiales por una fractura importante (falla inversa o cabalgamiento), que impide establecer una relación precisa entre ellos. Además no se han encontrado fósiles, por lo que la correlación con el Devónico de las hojas situadas al Sur y al Este no es clara.

Tradicionalmente se le ha venido llamando a todos estos materiales que se extienden al N de la Faja Pirítica y S del Macizo de Aracena, Formación “Pulo do Lobo”. Recientemente, en las hojas situadas más al N (Aroche, Aracena y Rosal de la Frontera), se han diferenciado tres formaciones dentro de la primitiva Formación “Pulo do Lobo”, que pasa a la consideración de unidad. De las tres formaciones en esta Hoja sólo está representada la inferior que conserva el nombre primitivo. Su edad, por correlación con las otras formaciones, es Devónico y posiblemente más antiguo, sabiéndose que su techo es el Devónico Superior.

La litología son alternancias de filitas cuarzosas y cuarcitas micáceas, — con lentejones locales y bancos de cuarcitas. Existen abundantes niveles de cuarzo de exudación replegados.

Las características mecánicas que ha sufrido esta formación son particulares. Por una parte la abundancia de finos niveles plegados de cuarzo, la presencia de rocas que muestran mayores efectos mecánicos (esquistos en

CUADRO I

EDAD	GRUPO	LITOLOGIA
CUATERNARIO	POSTPALEO-ZOICO	Limos, arenas y gravas (aluviones)
TERCIARIO		Gravas. Arenas. Arcillas con niveles arenosos. Margas azules con calcarenitas en la base.

D I S C O R D A N C I A

CARBONIFERO SUPERIOR		Fases orogénicas hercínicas	
CARBONIFERO INFERIOR	Viseiense Sup.	CULM	Pizarras y grauvacas
		CONCORDANCIA	
	Viseiense Inf. y Medio	COMPLEJO VOLCANICO SEDIMENTARIO (C.V.S.)	Pizarras, areniscas, cuarcitas y nódulos de Fe y Mn Jaspes y chert Volcanitas ácidas e intermedias submarinas Volcanitas básicas, lavas espilíticas y sills diabásicos Yacimientos estratiformes de sulfuros polimetálicos y de manganeso
	Tournaisiense		
		CONCORDANCIA	
DEVONICO SUPERIOR	Fameniense	PIZARRAS Y CUARCITAS (P-Q)	Pizarras y cuarcitas
		----- MURO DESCONOCIDO -----	

relación a pizarras), y además, los pliegues que se observan en la mayoría de los casos afectan a la 1ª esquistosidad, por lo general coincidente con la primitiva estratificación.

Los esquistos son rocas deleznales, de color gris-oscuro, de grano fino con intercalaciones de niveles algo más groseros.

Las cuarcitas suelen ser impuras, con frecuentes alternancias pelíticas, micáceas. A veces llegan a constituir bancos de hasta 1 m de potencia, pero por lo general son niveles milimétricos y centimétricos. Las hay de tonos claros y oscuros, llegando a ser negras. Debido a los efectos mecánicos sufridos, es difícil la observación de estructuras sedimentarias, pues la estratificación queda muy dislocada por las continuas transposiciones originadas por la esquistosidad, que es muy penetrativa.

2.2 DEVONICO SUPERIOR-CARBONIFERO INFERIOR ($D_3 - H_{11-12}^{A-A}$)

A techo y en contacto mecánico con la Formación "Pulo do Lobo" se ha distinguido una formación terrígena con aportes volcánicos compuesta por pizarras con intercalaciones de cuarcitas, areniscas, cuarzovacas, grauvascas, jaspes, pizarras moradas y volcanitas (Formación Volcano-sedimentaria). Corresponde pues a productos depositados en la cuenca en la que existió poca o nula actividad volcánica, pero donde llegan materiales volcánicos de áreas próximas, mucho más activas. Cronoestratigráficamente, esta formación es equivalente al Complejo Volcánico Sedimentario, encontrándose en cambio lateral de facies con él, tanto en la vertical como en la horizontal, pero la existencia de litologías idénticas a las del Grupo Devónico y a las del Grupo Culm (cuadro I), la falta de dataciones paleontológicas y la inexistencia de criterios de polaridad en muchos puntos, posibles interdigitaciones, etc., hace necesaria la agrupación de esta secuencia pelítica en una formación $D_3 - H_{11-12}^{A-A}$ que incluya a posibles materiales del Devónico Superior hasta los del Carbonífero Inferior.

Esta formación está ampliamente distribuida por toda la Hoja, sobre todo en su mitad occidental.

Las pizarras son de color gris, con tonos oscuros, a veces ligeramente azulados y verdosos. El tamaño de grano es muy variable, pasando transicionalmente a areniscas y grauvascas cuarzosas. Generalmente presentan estructuras bandeadas centimétricas y bancos de unos 20 cm. Las alternancias son debidas a ligeras diferencias de color, pero sobre todo de tamaño de grano y composición más o menos silíceas hasta llegar a ser niveles cuarcíticos. Son frecuentes las estructuras sedimentarias como granoselección,

estratificación cruzada, etc. En determinados tramos tienen nódulos y capas finas con óxidos de Fe y Mn, como aquellas que en hojas vecinas se sitúan entre los volcanismos primero y segundo.

Las cuarcitas se disponen en lentejones que llegan a tener 2 m de potencia, y también en niveles milimétricos. Generalmente son de tonos claros, gris-blanquecinas, sobre todo los lentejones mayores, de grano fino, y a veces adquieren coloración rojiza por la presencia de óxidos de hierro.

Las areniscas, cuarzovacas y grauvacas son los términos más groseros, con pequeñas diferencias en su composición. Las más abundantes son las cuarzovacas, de color gris-marrón, deben su nombre a la mayor abundancia de cuarzo que en las grauvacas normales. La procedencia volcánica de estas rocas parece clara, por su composición y relación espacial con tobas, a las que pasan gradualmente en muchas ocasiones. Estas rocas están presentes dentro de esta formación en gran parte de la Hoja, pero mientras en la mitad sur constituyen pequeños niveles lentejonares, en la norte llegan a constituir mayores afloramientos, los más importantes de ellos se han distinguido en cartografía con una trama, sobre todo cuando tenían características peculiares tales como color gris-rojizo, estructura finamente tableada y pliegues muy acusados. Este tipo de rocas han sido distinguidas en la Hoja de Paymogo como Formación de Cerro Méndez, y como Formación Atalaya en Portugal.

Los niveles de tobas, tufitas, pizarras moradas y los lentejones de jaspes y chert interestratificados en esta formación han sido representados, al menos los más importantes, y se estudiarán dentro del C.V.S.

La potencia de esta formación es muy variable según los puntos, estimándose superior a 600 metros.

2.3 CARBONIFERO INFERIOR

2.3.1 Complejo Volcánico Sedimentario

- Esta importante unidad está constituida por rocas procedentes de un volcanismo fisural explosivo en el que predominan productos piroclásticos ácidos e intermedios con tamaño de clastos de grueso a fino y texturas frecuentemente porfídicas; lavas, brechas y aglomerados. El magmatismo básico se encuentra representado por rocas extrusivas e intrusivas. Estos productos volcánicos se encuentran entre niveles de sedimentación detrítica constituidos principalmente por pizarras, en esta Hoja agrupadas en la formación $D_3 - H_{11-12}^{A-A}$

La ubicación de los focos se supone próxima a la máxima concentración de piroclastos gruesos y coladas lávicas, siendo frecuentes las variaciones bruscas de potencia y cambios de facies tanto en la horizontal como en la vertical, y no sólo entre productos volcánicos sino también entre estos y los sedimentos.

El espesor del C.V.S., considerado en su conjunto, es muy variable de unos puntos a otros de la Faja Pirítica.

Para los afloramientos de esta Hoja se han calculado potencias máximas algo superiores a 700 m.

Por la posición en la columna litoestratigráfica regional y correlación litológica, el C.V.S. se puede datar como Tournaisiense-Viseiense Inferior y Medio. En efecto, este grupo se enmarca entre dos unidades bien datadas: Fameniense en el muro y Viseiense Superior en el techo. Por otro lado un estudio de conodontos en lentejones calcáreos dentro del C.V.S. en la Mina de Sotiel, realizado por V. de BOOGAARD y SCHERMERHORN (1975), establece una edad Viseiense inferior; PRIEM (1968), por dataciones absolutas realizadas con el método Rb-Sr en muestras de volcanitas ácidas de la Formación São Luis (Portugal), establece una edad entre 330 ± 15 y 344 ± 15 millones de años, que corresponde al Tournaisiense.

En la Hoja de El Cerro de Andévalo el Complejo Volcánico Sedimentario ocupa una amplia franja central con dirección general E-O y tiene algunas características particulares con respecto al que predomina en la región.

- Existe una Formación Volcano-sedimentaria ($D_3-H_{11-12}^{A-A}$) muy desarrollada, sobre todo en la mitad occidental del plano donde llega a predominar sobre el conjunto. Tiene numerosos lentejones y/o estructuras de tobas y tufitas ácidas que resulta imposible, en la mayoría de los casos, asignar a un episodio volcánico determinado, por lo que se consideran como lentejones. Esta formación engloba diversos términos que se han distinguido en otras zonas de la región, pero que aquí resulta imposible.

- El volcanismo inicial predomina sobre los demás episodios. Es de naturaleza ácido-intermedio, pudiendo llegar localmente a básico, y con una facies de rocas verdes con frecuencia porfídica.

- El volcanismo ácido segundo está menos desarrollado en relación con el resto de la región, sobre todo en la mitad occidental del plano.

- El volcanismo ácido tercero está prácticamente ausente; sólo queda representado de forma escasa en la esquina SE de la Hoja y un pequeño afloramiento en el cuarto nororiental.

- El magmatismo básico, efusivo o intrusivo, está menos extendido que en otras zonas de la región, con pequeños afloramientos locales, casi siempre de forma lentejonar, destacando los que se encuentran en los alrededores de El Cerro de Andévalo.

— No existe buena representación de los niveles guía, como puede ser el nivel continuo de pizarras moradas entre los volcanismos segundo y tercero (seguramente por ser escasos los afloramientos del volcanismo tercero); y las pizarras y cuarcitas con nódulos de Fe y Mn entre los volcanismos primero y segundo, o bien no son distinguibles en esta Hoja, o se traducen en pequeños lentejones dispersos por el plano.

Las rocas sedimentarias interdigitadas con los productos volcánicos confirman junto con estructuras "pillow", granoclasificación, etc. ..., el carácter submarino de las efusiones, y permiten establecer períodos de actividad volcánica intensa, separados por épocas de tranquilidad total o parcial en los que la sedimentación continuó ininterrumpidamente. Esto hace posible una cronología relativa de los episodios volcánicos, válida al menos para la misma unidad estructural siempre que haya continuidad de afloramientos.

A continuación se estudian las diferentes formaciones del Complejo Volcánico Sedimentario, de gran importancia minera, ya que asociado al volcanismo ácido-intermedio aparecen los yacimientos de sulfuros polimetálicos y de manganeso de esta provincia metalogénica.

2.3.1.1 *Volcanismo indiferenciado* ($H_{11-12}^{A-A} v$)

Con esta denominación agrupamos niveles de tobas y tufitas ácidas situadas dentro de la formación $D_3 - H_{11-12}^{A-A}$ sobre todo al oeste y sur de Cabezas Rubias.

Estos niveles pueden ser lentejonares o constituir afloramientos debido a estructuras, pero ante la imposibilidad de asignarlos a un episodio volcánico definido, se han agrupado como volcanismo indiferenciado.

Las tobas son generalmente de grano fino, así como las tufitas en las que se depositan de manera conjunta productos volcánicos de efusiones lejanas y detríticos. Estas tobas y tufitas están íntimamente relacionadas con cuarzovacas, ya que éstas parecen corresponder a la erosión y redeposición de aquéllas.

Las potencias de estos niveles y lentejones no suelen sobrepasar los 70 metros.

2.3.1.2 *Volcanismo inicial* ($H_{11-12}^{A-A} v_1$)

Corresponde a la primera efusión que se desarrolla, y está bastante extendido por toda la Hoja, sobre todo en la banda central, constituyendo un anticlinorio de dirección E-O.

Por lo general es inferior a la formación $D_3-H_{11-12}^{A-A}$, pero se ha visto en determinados puntos sobre pizarras y cuarcitas interpretándose como interdigitaciones locales entre ambos tipos de materiales, sin descartar la posible equivalencia entre estas pizarras y cuarcitas y el grupo P-Q (Devónico Superior) de igual litología.

Está constituido por rocas intermedias y ácidas procedentes de un volcanismo explosivo multifocal. Predominan las facies piroclásticas, principalmente tobas de gruesas a finas y en menor proporción afloran lavas, aglomerados y brechas que nos indican la posible ubicación del aparato volcánico. Con el distanciamiento del foco se depositan materiales cada vez más finos, llegando a tener tufitas y tobas finas a veces interestratificadas con pizarras.

Las tobas, sobre todo de grano grueso, son rocas de color gris-verde, más claras hacia el techo, a veces blanco por alteración, de aspecto porfídico, por lo que han sido consideradas frecuentemente como porfiroides o pórfidos.

Los aglomerados están formados por clastos, de naturaleza volcánica, redondeados, de 2 a 7 cm de diámetro, existiendo algunos hasta de 20 cm, englobados en una matriz tobácea.

Tanto los piroclastos como las lavas son de naturaleza riodacítica-riolítica y ocasionalmente andesítica, leucocráticos y con textura porfídica.

En esta unidad volcánica, y principalmente en los niveles superiores, afloran lentejones de jaspes ferruginosos y chert que tienen dimensiones métricas a decamétricas, colores rojos y blanquecinos, y con frecuentes cristales de pirita.

La potencia de este primer episodio volcánico se estima que puede llegar a ser de 500 m, pero como mínimo superior a 300 m.

Los niveles de carácter predominantemente ácido, por lo general de tonos más claros, están indicados con una trama en la cartografía.

Asociados a este volcanismo inicial se encuentran los sulfuros masivos polimetálicos. Son cuerpos lenticulares o en forma de capas que se depositaron ocupando posiciones de techo del episodio volcánico, a veces interestratificados entre facies finas, no siendo normal que en el tránsito de roca volcánica a sulfuro masivo haya, como en otras zonas, un fino nivel de pizarras negras carbonosas. Los afloramientos debieron dar grandes crestos de "gossans". Los sulfuros tienen color verde-gris oscuro y pueden apreciarse estructuras sedimentarias, principalmente estratificación gradada. La mena está compuesta de pirita (60-90 % del total), calcopirita, galena, esfalerita, arsenopirita, pirrotina y cinabrio, que justifican el carácter polimetálico de estos depósitos, además de silicatos, carbonatos de hierro y magnesio, etc. La potencia es inferior a 100 metros y sus longitudes extremas entre 50 y 3.000 metros.

2.3.1.3 *Tobas abigarradas* (H_{11-12}^{A-A} Ab)

A techo del primer episodio efusivo se depositó una formación volcánica en facies piroclásticas, fundamentalmente, que se denomina abigarradas por su coloración rojizo-morado y verde oscuro, debido tanto a los minerales que componen la roca como a la impregnación de hamatites.

Se dispone en forma de bandas estrechas y lentejones siguiendo su mismo nivel, con afloramientos distribuidos predominantemente en la zona central del plano. Su mayor continuidad lateral la presentan al norte de El Cerro de Andévalo, marcando una estructura sinclinal, al igual que sucede con los afloramientos en medio del volcanismo inicial situados al norte y noreste de Cabezas Rubias.

Composicionalmente predominan los términos intermedios y ácidos sobre los básicos, encontrándose con frecuencia los intermedios bastante espilitizados con grandes vacuolas de calcita. Las facies ácidas se presentan en forma de tobas, tufitas e incluso pizarras que han adquirido esa coloración.

La potencia máxima observada es alrededor de 50 m.

2.3.1.4 *Volcanismo básico espilitico* (H_{11-12}^{A-A} V₆)

A techo del volcanismo inicial, en cambio lateral con tobas abigarradas (H_{11-12}^{A-A} Ab) y a veces sobre ellas, se ha diferenciado un episodio efusivo básico (en ocasiones intermedio), constituido principalmente por tobas y lavas espiliticas.

Aflora de forma irregular en bandas y lentejones aislados, sobre todo en la mitad oriental de la Hoja, en su zona central y Anticlinal de Valdelamusa-San Telmo.

Merecen destacarse las lavas espiliticas con disyunción prismática aflorantes en Mina La Joya, directamente a techo del mineral pirítico, y que se continúan al oeste con tonos abigarrados.

Son rocas de color verde oscuro, que por alteración pasa a marrón, más o menos compactas, masivas o esquistosas, de grano grueso a fino. Se presentan como lavas y tobas que han sufrido un proceso de espilitización, con pérdida de Ca de las plagioclasas que se convierten en más sódicas, quedando CO_3Ca en vacuolas.

El carácter submarino de este volcanismo queda manifiesto por los procesos de espilitización, las estructuras de *pillow lavas*, y la interdigitación con pizarras. También existen texturas amigdalares, en las que se concentran principalmente carbonatos.

La potencia es muy variable de unas zonas a otras, y se puede estimar el máximo de 100 metros.

2.3.1.5 *Volcanismo ácido segundo* ($H_{11-12}^{A-A} V_2$)

Se trata de un segundo episodio efusivo ácido que tiene lugar en la región. Puede depositarse directamente sobre el volcanismo inicial, en cuyo caso es difícil su separación, pero con frecuencia existen entre ambos otros productos volcánicos, básicos y abigarrados, lentejones de chert y jaspes, pizarras moradas e incluso pizarras y cuarcitas de la formación $D_3 - H_{11-12}^{A-A}$ que ponen de manifiesto la existencia entre ambos de una etapa de sedimentación tranquila.

Su desarrollo se encuentra fundamentalmente en la mitad oriental de la Hoja, de forma genérica según tres alineaciones: Anticlinal Valdelamusa-San Telmo, El Cerro de Andévalo, y una tercera meridional al norte de Perrunal. En la mitad occidental los afloramientos son más pequeños y discontinuos, dispersos en lentejones al S, ESE y O de Cabezas Rubias.

Está constituido por lavas, brechas de flujo, aglomerados, tobas bréchi-cas, tobas gruesas y tobas de grano fino, tufitas y cineritas.

Las facies gruesas (predominantemente aglomerados) son de colores claros, grises, verdes y marrones, localmente violáceos. Las piroclásticas finas son grises y marrones claras, poseen gran esquistosidad y pasan gradualmente a términos pizarrosos.

Son frecuentes los lentejones de jaspes ferruginosos rojos con tamaños de métricos a decamétricos.

Petrológicamente los materiales de este ciclo son riolitas, a veces de naturaleza vítrea con posterior transformación a rocas pizarrosas.

La potencia es muy variable, estimándose en algunos puntos superior a 250 metros.

2.3.1.6 *Pizarras y tufitas violeta ("pizarras moradas")*

Regionalmente estas rocas constituyen un nivel de gran continuidad lateral que separa los episodios volcánicos segundo y tercero, y lentejones locales entre primero y segundo. En esta Hoja a unos 5 Km al N del pueblo de El Cerro de Andévalo (en la Cumbre de las Liebres), y en el ángulo S.E. donde existen afloramientos del tercer volcanismo, aparecen rodeados por el nivel de "pizarras moradas". Los lentejones se distribuyen por gran parte del

Complejo Volcánico Sedimentario culminando los episodios ácidos primero y segundo; en este último caso, cuando no se desarrolla el volcanismo tercero, contactan con el Culm. También existen lentejones dispersos en las pizarras y cuarcitas con niveles de tobas (Formación $D_3-H_{11-12}^{A-A}$ y deben ocupar posiciones equivalentes a aquellos que están con materiales volcánicos.

Cuando no existe un ambiente de depósito detrítico tranquilo sino de rocas volcánicas, pero la presencia de hematites continua, se desarrolla el nivel de volcánicas abigarradas, ocupando la misma posición estratigráfica.

El color violeta-morado se debe a la abundancia de óxidos de hierro (hematites) finamente diseminado en pizarras, tufitas y a veces en tobas. El término "pizarra", aquí, como en la mayoría de los casos en que se refiere a materiales detríticos dentro del grupo volcano-sedimentario, tiene un carácter descriptivo más que composicional, pues en gran parte y a veces en todo, puede corresponder a cenizas volcánicas.

La potencia media es de 20-30 metros y en ocasiones bastante menor. En el mapa se ha exagerado intencionadamente el espesor para darle representación cartográfica.

2.3.1.7 Jaspes y Chert (H_{11-12}^{A-A} J)

Como se ha indicado en apartados precedentes, hay jaspes y chert en varias formaciones del C.V.S. No obstante, en toda la Faja Pirítica son particularmente importantes y presentan mayores dimensiones los afloramientos relacionados con el volcanismo ácido segundo y facies litológicas asociadas.

En la zona estudiada predominan los jaspes de colores rojizos ferruginosos debido a fina impregnación de hematites. En ausencia de hematites la roca tiene color gris claro, gris oscuro debido a manganeso y en menor proporción encontramos jaspes verdosos. La presencia de pirita, en cristales o rellenando fisuras es bastante frecuente. La mayor abundancia de lentejones se encuentra al oeste de El Cerro de Andévalo en el volcanismo ácido segundo.

El paso de jaspe a chert es transicional, incluso a escala de afloramiento.

Los lentejones tienen dimensiones métricas a decamétricas. Con frecuencia son manganosíferos en cuyo caso han sido objeto de registros y explotaciones mineras (minas de Cicerón y Peña Rubio). Adoptan una disposición estratófila, pero a veces tienen formas y disposiciones respecto a los

demás materiales con cierto carácter filoniano. Esto puede explicarse porque ocupen parte de las fisuras por donde salieron los fluidos y gases que los ocasionaron, y a partir de ellos su depósito estratiforme.

Están asociados a las facies finas de las volcanitas ácidas, pero también llegan a estar en estrecha relación con las facies gruesas, siendo frecuente que se dispongan sobre tobas ácidas finas y en la formación de pizarras y cuarcitas con tobas $D_3 - H_{11-12}^{A-A}$.

2.3.1.8 *Volcanismo tercero ácido e intermedio* (H_{11-12}^{A-A} V3)

A techo del nivel de "pizarras moradas" y concordantes con ellas se depositan las rocas efusivas de una tercera fase de carácter ácido-intermedio (localmente básico), que constituye a su vez el techo del Complejo Volcánico Sedimentario.

Este volcanismo tiene poca importancia en la zona estudiada estando localizados sus afloramientos en el límite sureste de la Hoja, El Perrunal, y núcleo sinclinal en la Cumbre de las Liebres (5 km al N de El Cerro de Andévalo).

Sus facies, fundamentalmente piroclásticas, van desde tobas bréchicas poligénicas hasta tobas finas y tufitas bien estratificadas. El cambio lateral entre ellas puede ser brusco, incluso a escala de afloramiento.

Las rocas tienen colores grises y verdosos, muchas veces por la presencia abundante de clorita, aun siendo la roca de marcado carácter ácido.

Con frecuencia las facies finas pizarrosas, de colores grises y verdosos, representan el tránsito casi imperceptible a pizarras del Viseiense superior (Culm), como sucede en los afloramientos de El Perrunal.

Su potencia puede estimarse superior a 100 metros.

2.3.2 *Viseiense Superior "Culm"* (H_{12}^{A3} pg, H_{12}^{A3} gp)

Concordantemente con el Complejo Volcánico Sedimentario se encuentra una monótona sucesión alternante de pizarras y grauvacas que constituyen el Grupo Culm de la columna litoestratigráfica general del Cuadro I. Estos sedimentos se extienden principalmente por el borde SE de la Hoja, y continúa una pequeña franja hacia el O por el límite S. También dos pequeños afloramientos, uno al E de Santa Bárbara y otro al N de la mina La Joya.

El contacto con el C.V.S. es normal, vertical, invertido y localmente fallado, como sucede en el límite SO del plano.

Cartográficamente se ha diferenciado entre predominio de pizarras sobre grauvacas (H_{12}^{A3} pg) de otro término en que el predominio es de grauvacas sobre pizarras (H_{12}^{A3} gp). Esta distinción no es rígida y debe entenderse en términos de predominio, pues dada la distribución irregular de las grauvacas, como corresponde a series turbidíticas de tipo flyschoides, debajo de un predominio de pizarras puede existir el de grauvacas.

La sedimentación del Grupo Culm se inicia, como norma general, con un nivel de pizarras fosilíferas, de potencia variable sobre el que se deposita concordantemente, una serie bien estratificada de pizarras y grauvacas. El nivel inferior puede desaparecer, poniendo en contacto el C.V.S. con grauvacas, como sucede al E de Santa Bárbara.

Las capas en conjunto se caracterizan por contactos planos y paralelos, e individualmente por una superficie inferior neta que en las grauvacas tienen frecuentes marcas de base ("sole marks") y estructuras internas primarias características de cuencas turbidíticas.

Las pizarras son con frecuencia limolíticas, a veces carbonosas, de color gris oscuro a negro, y por alteración dan tonalidades más claras. Presentan estructuras bandeadas, nodulares y a veces de corrientes. En ocasiones son pizarras muy finas en las que se desarrolla extraordinariamente la esquistosidad.

Los estratos de grauvacas tienen potencias desde centímetros a metros. Los fragmentos líticos son angulosos y poligénicos y se encuentran constituidos principalmente por pizarras, cuarcitas, lavas y tobas ácidas, y volcánitas básicas. Los componentes cristalinos son cuarzo y albita, como fundamentales, y, en menor proporción, micas y minerales pesados. El tamaño de los granos oscila entre gruesos y finos con predominio de las fracciones medias y finas. Localmente aparecen niveles de microconglomerados, con clastos de 2-3 milímetros de diámetro, asociados a la base de las capas más gruesas.

Las estructuras sedimentarias encontradas en la base de los estratos de grauvacas están originadas por erosión de corrientes ("flute casts"), de objetos ("groove casts") o por carga ("load casts"). Las estructuras internas son: granoclasificación ("graded bedding"), laminaciones, "ripples marks", "convolute bedding". Es también frecuente la presencia de cantos blandos. Todas estas estructuras y su sucesión vertical coinciden con la secuencia establecida por BOUMA en 1962 para las facies turbidíticas clásicas y es posible establecer, a lo largo de toda la Hoja, secuencias Bouma completas Ta-e y, más frecuentemente, secuencias incompletas Tb-e y Tc-e. Localmente, donde las grauvacas tienen un espesor de 2 ó 3 metros, las estructuras anteriores desaparecen, los afloramientos tienen aspecto masivo y sólo se encuentran

estructuras "dish" (estructuras de "plato") y conductos de escape de fluidos que plegados y alterados dan una disyunción bolar típica. Estos afloramientos pertenecen a las facies de "areniscas masivas" según establece WALKER (1978), y representan cambios graduales con las facies clásicas de Bouma en la evolución de corrientes de turbidez.

La relación grauvacas-pizarras en las turbiditas clásicas es en general superior a la unidad y representan facies proximales que, siguiendo el esquema establecido por WALKER, se han depositado en el abanico intermedio de la cuenca turbidítica dentro de la llanura abisal e inmediatamente debajo del talud.

El depósito de las "areniscas masivas" representa facies de canal probablemente dentro del mismo submedio sedimentario.

En el Culm son numerosos los yacimientos fosilíferos en toda la secuencia estratigráfica, siempre relacionados con capas de pizarras. PINEDO VARA (1963) cita los *Goniatites* encontrados por GONZALO TARIN entre El Perrunal y Los Cerrejones, el yacimiento faunístico de *Posydonomias barriosi* situado más al oeste que el anterior, próximo al Ferrocarril de Zafra-Huelva en el sitio denominado Huerto de Las Maridias, y otros hallados en la Mina de La Zarza. No obstante, por correlación con otros puntos equivalentes de la Faja Pirítica donde se han encontrado asociaciones faunísticas de *Posidonia becheri* con varias especies de cefalópodos y principalmente con "*Goniatites crenística*", Sow. y *Goniatites granosus*", Port. se puede establecer una edad Viseiense Superior para el Grupo Culm.

2.4 PLIOCUATERNARIO ($T_2^p - Q$)

En discordancia angular y erosiva sobre el Paleozoico existen depósitos locales de sedimentos detríticos. Su disposición es horizontal o subhorizontal, y corresponden a la erosión y posterior depósito por aguas superficiales de los materiales anteriores. También se incluyen algunos depósitos de pie de monte y suelos.

Se encuentran en pequeños afloramientos irregularmente distribuidos que se colocan sobre pizarras y cuarcitas con niveles de tobas ($D_3 - H_{11-12}^{A-A}$), y localmente sobre el Culm.

Están constituidos por gravas heterométricas y poligénicas (cantos de cuarzo, cuarcitas, rocas volcánicas y algunas pizarras), en una matriz arenoso-arcillosa.

La edad asignada es dudosa, por no haber encontrado criterios precisos para su datación.

2.5 CUATERNARIO (Q_2)

En la presente Hoja se ha diferenciado como Cuaternario los sedimentos antrópicos constituidos por los vacíos procedentes de las explotaciones mineras.

3 TECTONICA

Las rocas paleozoicas de la zona estudiada, al igual que las del resto de la Faja Pirítica, fueron intensamente afectadas por la Orogenia Hercínica y presentan diferente grado de deformación según su competencia y nivel estructural.

Aún cuando los geólogos que han estudiado esta parte del Macizo Ibérico reconocen que la deformación se ha producido en distintas etapas, no hay acuerdo en el número de fases ni en su relación temporal. La opinión más generalizada, que coincide con lo observado en la Hoja de El Cerro de Andévalo es de que existen tres etapas de plegamiento (Fig. 1) con sus respectivos episodios de fracturación tardía.

— Primera fase de plegamiento (F_1): Produce pliegues apretados, de tendencia isoclinal, que a veces lo son realmente, tumbados o volcados, con

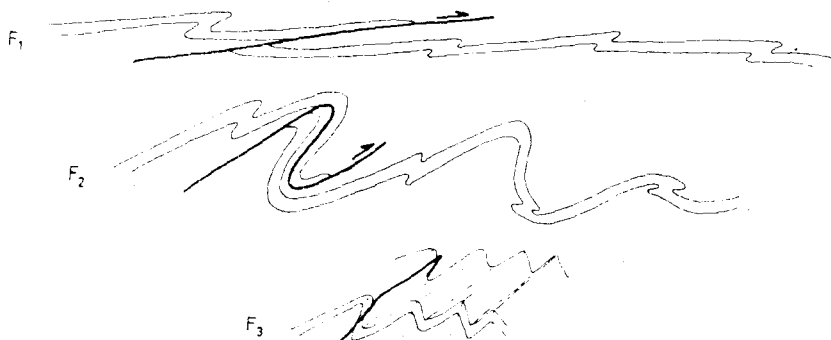


Fig. 1.— Estructuras producidas por las fases de plegamiento (F_1 , F_2 y F_3)

vergencia al sur. Estas estructuras tienen dirección $N90-120^\circ E$, cuyas variaciones parecen estar producidas por las fases posteriores. Los pliegues de esta primera fase tienen un desarrollo local, mucho más acentuado en unas zonas que en otras, dependiendo de la situación en la serie y sobre todo de la litología. Estos pliegues dan una esquistosidad de flujo (S_1), de plano

axial, y producen un metamorfismo de grado bajo a muy bajo. Asociadas a esta fase existen importantes fallas inversas o cabalgamientos difíciles de detectar en el campo, al ser paralelos a las estructuras, crearse en condiciones próximas a la ductilidad, y estar afectados posteriormente por plegamientos. Estas fracturas importantes fueron descritas como mantos de corrimiento en Aljustrel (SCHERMERHORN y STANTON, 1969), y en Pero de Vinha (Mértola), (FANTINET, 1971).

— Segunda fase de plegamiento (F_2): Produce pliegues de mayor amplitud, con dirección aproximadamente igual a los de la primera fase. Son concéntricos con tendencia a similares, algo volcados al sur, generalmente asimétricos, con el flanco norte más desarrollado que el sur, y este suele estar roto por fallas inversas. Aparece una esquistosidad (S_2) que generalmente es de fractura, pero en materiales poco competentes e inferiores en la serie, puede ser de flujo. Esta esquistosidad es plano axial de dichos pliegues.

Durante la segunda fase de plegamiento pudo producirse también un metamorfismo de bajo a muy bajo grado.

Existen muchas zonas donde los rasgos estructurales de esta segunda fase son los primeros que se aprecian.

— Tercera fase de plegamiento (F_3): Es de dirección aproximada N-S, variando sus ejes de N-30-O a N-35-E. Produce pliegues concéntricos bastante suaves de escala muy diferente; desde centimétricos a kilométricos, siendo lo normal decenas o centenas de metros.

No produce verdadera esquistosidad, pero sí una fracturación que puede referirse como "close jointing". Además de pliegues concéntricos, con frecuencia son de tipo "kink" o "chevron", a pequeña escala. A gran escala, esta fase es la responsable de las ensilladuras de los pliegues de fases anteriores, haciendo que sus ejes se hundan y reaparezcan alternativamente.

— Pliegues tipo "kink": Se desarrollan en varias etapas, en relación con la segunda y tercera fases antes descritas.

La dirección predominante de los planos de "kink" varía entre $N90^\circ E$ y $N125^\circ E$. Parecen corresponder a la segunda fase de plegamiento, y se desarrollarían en sus estadios finales, pues afectan a la S_2 . También aparecen con dirección aproximada N-S equivalentes a la tercera fase de plegamiento.

Los pliegues "kink" son contemporáneos con los episodios de fallas y diaclasas. Así, en zonas de fracturas importantes es donde están más y mejor desarrollados. Cuando los planos de "kink" son grandes, suelen estar rellenos de cuarzo, y se trata de pequeños pliegues muy pronunciados que han llegado a fallarse, sobre todo por la tercera fase de plegamiento.

— Fracturas: Existen varios episodios de fracturación relacionados con las fases de plegamiento. Pueden clasificarse según su orientación en fallas en

dirección y transversales. Las primeras son sensiblemente paralelas a las capas, y las segundas las cortan con gran ángulo.

La primera fase de plegamiento se traduce muchas veces en importantes fallas inversas que pueden llegar a cabalgamientos o mantos de corrimiento. También existen fallas normales y diaclasas rellenas de cuarzo relacionadas a esta primera fase, que aparecen plegadas por fases posteriores.

La segunda fase de plegamiento también proporciona estos tipos de fracturas, y a menudo son pliegues-falla.

Sincrónicas con la tercera fase, o algo tardías respecto a ella, existen sistemas conjugados de fallas de desgarre con direcciones NE-SO y NO-SE, que producen desplazamientos variables en las capas y están ampliamente representadas, en el plano.

Entre las fallas longitudinales o en dirección relacionadas a la primera fase la más importante está situada al N, y atraviesa toda la Hoja: es la gran falla inversa o cabalgamiento que monta la Formación "Pulo de Lobo" sobre la Formación Volcano-sedimentaria; esta fractura no es única en esta zona, pues dentro de la misma formación de filitas con cuarcitas ("Pulo de lobo") parecen existir múltiples de ellas, que se manifiestan a veces por la mayor abundancia de niveles con cuarzo plegado, o la milonitización existente, aunque ésta puede estar enmascarada por la influencia de las fases posteriores. Otra fractura importante de este tipo está en el borde S de la Hoja, y separa la Formación Volcano-sedimentaria del Culm; aparece plegada (pliegues-falla) por la Fase II.

3.1 ESTRUCTURAS MACROSCOPICAS

En esta Hoja se encuentran las siguientes estructuras más importantes:

- Flanco Sur del Anticlinorio de la Formación "Pulo do Lobo".
- Sinclinorio San Telmo-Santa Bárbara.
- Anticlinorio El Cerro-Cabezas Rubias.
- Sinclinorio Carbonífero de los Montes de San Benito.
- Flanco Sur del Anticlinorio de la Formación "Pulo do Lobo".

Esta estructura es debida a la segunda fase de plegamiento, pues la inmensa mayoría de pliegues observados, muy numerosos en estos materiales, afectan a la esquistosidad de flujo de la Fase I. El límite S de esta estructura es un contacto tectónico (falla inversa o cabalgamiento importante). Por otra parte, es frecuente en toda la formación abundantes niveles de cuarzo plegados por la segunda fase, que indica unas condiciones mecánicas especiales. Gran parte de las fallas de la primera fase parecen haber sido

aprovechadas por la Fase II, originando numerosos pliegues-falla, el más importante de los cuales marcaría el límite sur de esta estructura. Hacia el N, en la Hoja de Aroche, entran materiales datados del Devónico Superior y Carbonífero inferior, que marcarían el núcleo del sinclinorio asociado a este anticlinorio.

- Sinclinorio San Telmo-Santa Bárbara

Se extiende inmediatamente al S de la estructura anterior, teniendo su núcleo en dos afloramientos alineados de Culm. El grueso de los materiales que comprende son pizarras, cuarcitas y cuarzovacas con niveles de tobas y tufitas ácidas. Al sur contacta con el volcanismo primero ácido-intermedio. En este flanco sur, próximo al núcleo, existe la particularidad de varios intrusivos graníticos s.l., mientras que en el flanco norte lo hacen varios diques de microgabros.

- Anticlinorio El Cerro-Cabezas Rubias

Atraviesa toda la Hoja a la altura de estos dos pueblos, y está formado en su gran mayoría por rocas volcánicas entre las que se interdigitan otras rocas con participación sedimentaria: pizarras y cuarcitas con tobas, tufitas y cineritas. Los núcleos anticlinales suelen estar constituidos por tobas y lavas masivas del volcanismo primero ácido-intermedio. A norte y sur de esta estructura existe un amplio desarrollo de la Formación Volcano-sedimentaria.

- Sinclinorio Carbonífero de los Montes de San Benito

Se extiende inmediatamente al sur de la estructura anterior, y su flanco norte está formado por pizarras y cuarcitas con abundantes niveles y lenticiones de cuarzovacas, tobas y tufitas ácidas. El contacto con los materiales que forman el núcleo de esta estructura (pizarras y grauvacas: Culm) es una fractura importante: falla inversa o cabalgamiento de la primera fase que aparece plegada y aprovechada parcialmente por la Fase II para dar pliegues-falla. El eje del sinclinorio estaría situado algo más al S, en la Hoja de Calañas.

3.2 ESTRUCTURAS MESOSCOPICAS

En correspondencia con cada fase tectónica se han generado diferentes estructuras que se describen a continuación.

- Primera generación de estructuras.

S_0 : Estratificación.— Se manifiesta por bandeados en las rocas producidos por cambios de composición, color, tamaño de grano, etc.

S_1 : Primera esquistosidad.— Coincide con la superficie axial de los pliegues de la primera fase. Es muy penetrativa y aparece con mayor intensidad en las rocas incompetentes, pizarras, tufitas, etc. Su dirección es $N90-120^\circ E$ y buzamiento norte.

L_1 : Ejes de pliegues de la primera generación. Son paralelos a la intersección de S_0 y S_1 , que origina estrías sobre S_0 formando estructuras prismáticas (*mullions*).

— Segunda generación de estructuras.

S_2 : Segunda esquistosidad.— Es principalmente de fractura, algo más espaciada que la primera del orden del mm en rocas incompetentes, y del cm o más en los bancos competentes. Su dirección coincide a grandes rasgos con la primera (S_1) y el buzamiento es casi generalizado al N por tratarse de pliegues volcados.

L_2 : Ejes de pliegues de la segunda generación.— Son paralelos a la intersección de S_1-S_2 , o S_0 con S_2 en las zonas donde la primera fase no está desarrollada. Por lo general corresponden a las estructuras de mayor envergadura, y son los responsables de las direcciones regionales que actualmente se observan. A veces corresponden a pliegues en V.

— Tercera generación de estructuras.

S_3 : Tercera esquistosidad o "close jointing".— En realidad no se trata de esquistosidad, puesto que es muy poco penetrativa, sino más bien de una estrecha fracturación. La dirección es aproximadamente N-S, y coincide con superficie, de pliegues "kink" y "chevron", así como fracturas producidas en otros pliegues de dirección norteadas.

L_3 : Ejes de pliegues de la tercera generación.— Generalmente vienen marcados por la intersección de una superficie de fractura y otra de esquistosidad.

4 HISTORIA GEOLOGICA

La Faja Pirítica, de la que forma parte la Hoja de El Cerro de Andévalo, representa la parte central de un geosinclinal Devónico-Carbonífero, situado al sur del Geoanticlinal Beja-Aracena, formado a su vez por rocas de edad

Precámbrico-Paleozoico Inferior, considerado el área fuente de los materiales detríticos despositados en este geosinclinal.

En la zona estudiada, en la parte N aparece una formación que se ha denominado "Pulo do Lobo", constituida por pizarras y cuarcitas. Estos materiales se consideran los más antiguos de la región, y aunque su base es desconocida, se sabe que llegan hasta el Devónico Superior; por esto se le asigna edad Devónico, aunque pueden llegar a más antiguos. La relación con las series volcánicas y volcano-sedimentarias que constituyen la Faja Pirítica es por medio de fractura, lo que imposibilita una correlación precisa; no obstante, la similitud de facies con gran parte de la Formación Volcano-sedimentaria con la que contacta, y la existencia de series carboníferas concordantes más al N (Hoja de Aroche), permiten suponer un paso gradual entre ambas formaciones, dislocado después por la tectónica.

Los sedimentos más antiguos de la Faja Pirítica pertenecen al Grupo P-Q. En esta Hoja tales sedimentos no existen o no se han podido distinguir de forma específica, pero puede que estén formando parte de lo que se ha denominado Formación Volcano-sedimentaria, en los niveles basales.

Aun cuando no hay uniformidad de opiniones sobre este punto, los sedimentos pelíticos y arenosos devónicos debieron depositarse en una cuenca con subsidencia lenta y continuada, poco profunda, en la que existía equilibrio entre sedimentación y hundimiento. Parecen apoyar esta hipótesis las estructuras sedimentarias observadas en las cuarcitas y la presencia de niveles carbonatados lenticulares de facies nerítica profunda (con algas y foraminíferos bentónicos), que existen en otras zonas de la Faja Pirítica.

En el tránsito del Devónico al Carbonífero no parecen variar sensiblemente las condiciones de sedimentación, pero desde el Tournaisiense al Viseiense Inferior se produce una etapa de inestabilidad cortical y se originan series de fracturas acompañadas de emisiones volcánicas submarinas, según confirman la presencia de "pillow-lavas" y los niveles de pizarras entre coladas. Las efusiones están representadas por lavas y piroclastos.

El volcanismo a escala regional se desarrolla en varios ciclos o episodios superpuestos, separados por períodos de tranquilidad total o relativa.

Los productos volcánicos son lavas ácidas y básicas, y sus correspondientes piroclastos, que en las efusiones ácidas son los más abundantes.

Entre el Devónico y el volcanismo ácido segundo se instalan intrusiones básicas formando "stocks lopolíticos" y "sills" de composición diabásica albítica (subvolcánicas), que localmente dan metamorfismo de contacto.

Finalizada la actividad volcánica se inicia un progresivo hundimiento de la cuenca y la deposición, durante el Viseiense Superior, de un horizonte pizarroso en la base, seguido de una serie turbidítica de pizarras y grauvacas

que representa la fase flysch en la evolución del geosinclinal. La presencia de clastos volcánicos en las grauvas implica la emersión y erosión de los materiales del C.V.S., hecho que debió producirse durante los primeros movimientos hercínicos (Fase Bretónica?). Durante el Carbonífero Superior tienen lugar los principales movimientos hercínicos que originan pliegues tumbados y volcados con vergencia sur, de direcciones E-O a ONO-ESE, y esquistosidades de plano axial muy penetrativas, de flujo y de fractura. Esta etapa de deformación, probablemente la Fase Astúrica, es la fase orogénica principal e imprime el estilo tectónico dominante en la región. Esta misma Fase Astúrica origina posteriormente pliegues ortogonales a los anteriores, de gran radio, escasos en número y acompañados de una esquistosidad de fractura poco penetrativa.

Movimientos hercínicos tardíos intracarboníferos plegaron las esquistosidades S_1 y S_2 , dando pliegues en V o "kink folds", originaron la red de fallas que afecta a toda la comarca y finalmente emergieron la región que quedó sometida, como país rígido, a erosión.

Después de estas deformaciones existen intrusiones en diques de microgabros y diabasas muy localizadas, así como rocas graníticas.

En áreas muy locales de la Hoja, se depositan en discordancia angular y erosiva materiales detríticos, generalmente gruesos, del Pliocuaternalio.

5 PETROLOGIA IGNEA Y METAMORFICA

5.1 METAMORFISMO

Existen dos tipos de metamorfismo en el área de El Cerro de Andévalo: uno de carácter regional, generalizado, y otro local, de contacto, producido por la presencia de rocas intrusivas.

5.1.1 Metamorfismo regional

El metamorfismo regional que afecta a la zona, es epizonal de grado muy bajo y bajo, alcanzando su máxima intensidad en el nivel superior del grado bajo de la facies de esquistos verdes —zona de la clorita— en general y localmente, la zona de la biotita. Este último caso como veremos más adelante ocurre especialmente en el área Norte, en la Formación "Pulo do Lobo".

La fase principal de metamorfismo está ligada a la primera de la tectónica Hercínica que dio lugar a una esquistosidad de flujo dominante. Esta esquistosidad, a menudo, no llega a desdibujar caracteres texturales primarios de la roca tales como la estratificación u otras estructuras de deposición o sedimentación a ella ligadas.

Microscópicamente, además de la esquistosidad principal de flujo, puede apreciarse una segunda superficie de esquistosidad, oblicua a la primera, formando un ángulo agudo muy amplio (casi normal) y originando crenulaciones suaves. Esta segunda esquistosidad visible, en general es básicamente de fractura, sin que a primera vista puedan percibirse blastesis destacables.

De la naturaleza y por tanto de la competencia de la roca afectada dependerá, lógicamente, el que se hagan patentes, una o las dos superficies esquistosas. Así en las pizarras se apreciarán mejor cuanto más pelíticas sean y, de igual manera, en los materiales piroclásticos ácidos vítreos mejor que en las metagrauvacas, cuarcitas y lavas, en las cuales en la mayoría de las ocasiones sólo puede visualizarse la primera.

A la hora de estudiar las paragénesis metamórficas, agrupamos los materiales prescindiendo de su origen y teniendo en cuenta sólo composiciones afines ácidas o básicas. Las rocas sedimentarias pelíticas o cuarzosas y las efusivas ácidas, por ejemplo, responderán de igual manera a los cambios metamórficos de presión y temperatura.

En lo concerniente a las rocas magmáticas, hay que tener presente la conjunción y solapamiento de los distintos fenómenos metamórficos y, por tanto, la imposibilidad de individualización de los procesos de metamorfismo regional con los puramente autometamórficos producidos por la acción de soluciones residuales; ambos efectos conducen a la formación de minerales y paragénesis idénticas.

La asociación paragenética presente en las rocas de naturaleza ácida es la siguiente: cuarzo + mica blanca \pm albita \pm clorita (accesoria) \pm mineral de epidota (accidental).

En las rocas de composiciones intermedias y básicas encontramos las siguientes neoformaciones minerales metamórficas: clorita + mineral de epidota \pm mica blanca \pm carbonatos \pm cuarzo \pm pumpellita \pm prenhita \pm anfíbol (actinolita-tremolita) \pm albita, siendo la presencia de prenhita, pumpellita y anfíbol siempre accesoria y destacadamente esporádica en esta zona; estos componentes aparecen fundamentalmente asociados a rocas básicas más que a intermedias.

5.1.2 Metamorfismo de contacto

Vamos a distinguir dentro de este metamorfismo dos tipos distintos:

por un lado, el efecto aureólico originado por las rocas de composición básica (gabrodiabasas) y por otro el efecto metamórfico que produce la intrusión ácida tonalítica en su encajante.

— En primer lugar, las intrusiones o *sills* de gabrodiabasas originan en las rocas pelíticas encajantes texturas mosqueadas de intensidad variable dependiendo de su proximidad al foco térmico. La posterior influencia del metamorfismo regional, puede llegar a retromorfizar la mineralogénesis de contacto, apareciendo un mosqueo constituido por agregados cloríticos o cuarzocloríticos. Los escasos representantes estudiados de estas rocas son unas pizarras que aún conservan su superficie de estratificación.

— Los efectos de contacto del intrusivo ácido son, igualmente de débil intensidad y se incluyen dentro de la facies de las corneanas de albita-epidota, siendo su paragénesis mineral: cuarzo, biotita, mica blanca. En la parte interna de la aureola, el efecto térmico lo más que alcanza es una recristalización casi total, con la formación de texturas corneánicas, apareciendo así cuarcitas micáceo-corneánicas con micropoiquiloblastos de biotita.

5.2 ROCAS METASEDIMENTARIAS

Incluimos en este apartado aquellas rocas metamórficas derivadas de argilitas, limolitas, cuarzarenitas y litarenitas. Naturalmente, pueden aparecer términos en los que además del proceso netamente sedimentario, el volcánico haya jugado un papel importante (algunas pizarras cloríticas, p. ej.).

El metamorfismo regional, que produce en estas rocas y especialmente en las pizarras, una marcada esquistosidad de flujo o subflujo con neoformaciones minerales visibles, habitualmente, como ya hemos indicado, no llega a borrar las estructuras primitivas de estratificación, laminaciones paralelas o cruzadas, granoselección, etc.

Describiremos las peculiaridades más sobresalientes de estos materiales paraderivados que se pueden agrupar en pizarras, cuarcitas y metagrauvascas, atendiendo a su posición estratigráfica.

5.2.1 Formación “Pulo do Lobo”

La característica más destacada de las rocas correspondientes a esta formación es su ligero mayor grado de blastesis metamórfica en relación con las unidades superiores en la serie, perteneciendo su paragénesis a la zona de la biotita, de esquistos verdes.

En su mayoría corresponden a filitas cuarzosas con una gran variedad en el contenido en cuarzo hasta llegar a cuarcitas, siendo los términos extremos de filitas y cuarcitas mucho menos frecuentes, también pueden hallarse materiales que, aunque distintos en las de las unidades suprayacentes, llegan a conservar marcados caracteres detríticos como es el caso de algunas pizarras cuarzoarenosas escasamente representadas.

Las filitas cuarzosas o esquistos cuarzomicáceos filitosos están constituidos por gruesas bandas de cuarzo finogranoblástico (albita accesoria rara) alternando con otras, normalmente de mayor potencia de sericita-mica blanca impregnadas de grafito (variedades grafitosas) y/o mineral de hierro, y con biotita y clorita subordinadas.

En general, estos materiales aparecen intercalados irregularmente observándose una sola esquistosidad de flujo, o puntualmente, una anterior, también de flujo, relictas y casi perpendicular.

Aunque comúnmente la recrystalización metamórfica es superior en el cuarzo que en la mica blanca, sin embargo pueden apreciarse con relativa asiduidad cuarzoesquistos que originan texturas en mortero.

Las pizarras cuarzosoarenosas, presentan frecuentes clastos de cuarzo de tamaño arena fina en una matriz recrystalizada cuarzo-sericítica. Por disminución del material micáceo, pero con estas mismas características del cuarzo, pasan a cuarcitas, en general bastante impuras. Los componentes accesorios son turmalina, circón, apatito y rutilo.

5.2.2 Complejo Volcánico Sedimentario

Entre los distintos metasedimentos que componen el Complejo Volcánico Sedimentario, lo más destacable es la existencia de un paso gradual entre ellos: entre metagrauvacas y cuarcitas, por un lado, por incremento en el contenido en cuarzo, y entre metagrauvacas y pizarras por otro, por disminución paulatina del tamaño de grano. Estas rocas transicionales se hallan ampliamente representadas mientras que los términos extremos de cuarcitas con escasa cantidad de impurezas y las pizarras pelíticas, se hallan raras o escasamente.

Las variedades de pizarras habitualmente presentes son las cuarzoso-limolíticas —abundancia de partículas limo de cuarzo; las bandeadas— alternancia de lechos predominantemente cuarzoesquistos o micaceopelíticos; y, por último, las pizarras en sentido estricto. El primer tipo constituye la transición entre pizarras y metagrauvacas. Algunas variedades pueden ser bastante ferríferas, especialmente las cuarzoso-limolíticas.

Su mineralogía es: sericita y cuarzo como constituyentes principales, albita y clorita en baja proporción, cuando aparecen, y en último lugar, mineral de hierro, rutilo, esfena, turmalina, circón y grafito como componentes accesorios.

Las cuarcitas son en general de grano fino a muy fino, en algunos casos heterogranulares. El cuarzo usualmente puede hallarse con núcleo detrítico y borde recrecido. La recrystalización metamórfica es muy baja, originando este borde de recrecimiento en el cuarzo, sericita, y clorita intercrystalina. A menudo pueden encontrarse láminas de mica blanca detríticas y pequeños fragmentos líticos argilíticos diferenciados. Por incremento de los productos arcilloso-micáceos y líticos pasamos respectivamente a pizarras y a meta-grauvacas muy finas.

Las meta-grauvacas corresponden en general al término sedimentario de litarenita, a veces pueden estar próximas a sublitarenitas o incluso llegan a ellas. Normalmente, a excepción de los casos gradacionales ya citados, su granulometría es heterométrica fina a media. Son rocas con mala selección y con bajo índice de redondeamiento de sus clastos.

La unidad fragmentaria constituye del 80 al 90% del total de la roca y a veces es incluso superior, está compuesta en primer lugar por cuarzo y fragmentos metamórficos; en proporción inferior se encuentra albita, y como accesorios clastos líticos volcánicos de espilitas. La composición de los clastos metamórficos es de: diversos tipos de pizarras (pelíticas, cuarzosas, ferríferas, grafitosas, etc.), microcuarcitas, y cuarcitas más o menos puras.

La matriz es fundamentalmente sericítica, con cuarzo y clorita accesorias y está impreganda de m. de hierro marcando la esquistosidad. Los minerales accesorios son los mismos que los de las pizarras anteriores.

Las pizarras moradas son rocas muy características también a escala microscópica, se trata de pizarras con tendencia pelítica intensamente pulverizadas de mineral de hierro hematítico.

5.2.3 "Grupo Culm"

Pizarras: A excepción de algunos términos pelíticos, gran parte de la unidad está constituida por pizarras bandeadas, en general de composición marcadamente ferrífera. Esporádicamente pueden hallarse pizarras s.s., grafitosas o ferríferas y pizarras limolíticas.

El bandeo es debido a la estratificación, muchas veces oblicua y transpuesta o modificada por la esquistosidad dominante y consiste en una fina alternancia de lechos pelíticos con otros de granulometría más

grosera cuarzosas, cuarzoso-limolíticas o incluso de naturaleza grauváquica.

La composición mineralógica es análoga a la de las pizarras del grupo inferior: sericita y cuarzo como constituyentes principales; clorita y mineral de hierro en proporciones variables y circón, esfena y turmalina como accesorios omni-presentes y albita esporádica.

Metagrauvacas: El paso de metagrauvacas a pizarras es gradual e incluso microscópico. Su composición es la de una metalitarenita de tamaño muy fino a fino; a medida que el tamaño aumenta la heterometría se hace mayor.

La unidad fragmentaria es angulosa y subangulosa. Los clastos más abundantes son: en primer lugar las metamórficas de pizarras de diversos tipos y escasas microcuarcitas; en segundo orden los de cuarzo y por último, pero marcadamente más abundantes que en sus homónimos infrayacentes del C.V.S., los de albita y volcánicos de las facies inferiores (lavas básicas e intermedias); el incremento en estos últimos se corresponde con una disminución en el contenido en cuarzo.

La matriz ocupa del 10 al 30% del volumen de la roca. Cuando la granulometría es menor, los fragmentos metamórficos pierden su individualidad dentro de ésta y pasan a engrosarla. Su composición es de sericita-clorita, con algo de cuarzo y de manera casual parcialmente carbonatada (calcita).

5.3 ROCAS INTRUSIVAS

Se han distinguido dos tipos de materiales intrusivos de diferente composición y yacimiento: uno de naturaleza básica —gabrodiabasas— y otro ácido de composición tonalítica.

5.3.1 Rocas básicas — Diabasas albiticas

Son rocas subvolcánicas que por lo general adoptan una disposición similar al resto de las capas, encontrándose plegadas con ellas. Localmente llegan a producir el metamorfismo de contacto ya citado y con frecuencia se encuentran mezcladas con pizarras oscuras.

Los afloramientos más importantes están en la mitad oriental de la Hoja, sobre todo en los alrededores de El Cerro de Andévalo, en medio del volcanismo ácido segundo. En la mitad occidental estas rocas están casi ausentes, limitándose a varios afloramientos muy pequeños.

Petrográficamente corresponden a materiales gabroideos con plagioclasa ácida y alteradas en gran parte. Su textura es ofítica o poiquilofítica de tamaño variable, heterogranular, fina o media y localmente son subofíticas.

Es en estas rocas donde mejor y más ampliamente representadas están las paragénesis metamórficas expuestas para los materiales básicos. Como componentes ortomagmáticos primarios se conserva clinopiroxeno, plagioclasa (más cálcica que la ahora presente) y apatito y opaco accesorios.

El piroxeno es augita incolora o ligeramente rosada o parda, maclada y zonada, se encuentra en cristales xenomórficos que engloban parcial o totalmente los de feldespato.

La plagioclasa es idiomórfica y de composición alcalina, aparece en tablas finas con los núcleos alterados a mica blanca, prehnita y m de epidota criptocristalina; localmente incluye pumpellita. Entre las tablillas plagioclásicas se dispone clorita junto con mineral de epidota (clinozoisita, y pistacita), diminutos granillos de esfena, o pumpellita micro-criptocristalina más rara y a veces, prehnita o mica blanca en disposición radial.

Los efectos de tectonización producen fracturaciones, cuarteamientos y extinciones ondulantes, visibles, en plagioclasa, piroxeno, apatito y opaco y la tendencia a la orientación planar de la clorita.

Como componentes presentes en proporciones accesorias puede hallarse además hornblenda parda o verde derivada del piroxeno y cuarzo intersticial.

5.3.2 Rocas ácidas – Tonalitas

Las rocas ácidas intrusivas corresponden a microtonalitas anfibólicas. Aparecen en dos afloramientos hacia el centro de la Hoja en su mitad superior. Tienen poco más de 1 km² y se encuentran recubiertos de suelo y sedimentos cuaternarios, su disposición es alargada E-O. Intruyen en pizarras y cuarcitas de la Formación Volcano-sedimentaria en la que produce un muy pequeño efecto aureólico de metamorfismo de contacto.

Texturalmente son hipidiomórficas finas (pequeñas apófisis o facies marginales) con plagioclasa, cuarzo y anfíbol como componentes principales. La plagioclasa se encuentra en cristales idiomórficos absolutamente alterados a sericita, productos arcillosos (caolín), o a veces a prehnita o sausrilita, que impiden ver el maclado o zonado. El anfíbol es hornblenda verde subidiomórfica, ligeramente pleocroica y maclada, en gran parte puede estar cloritizada y carbonatada. El cuarzo es xenomórfico fino y se sitúa entre aquellas dos. En algún caso se ha hallado feldespato potásico además aunque en proporciones poco elevadas (tendencia a tipos granodioríticos).

Localmente pueden aparecer términos cuarzodioríticos, en los que la disminución en el contenido en cuarzo va asociada a un incremento en componentes ferromagnésicos, incluso pueden conservarse reliquias de clino-piroxeno.

Los componentes accesorios son esfena, m. de epidota, opaco, circón y apatito.

Frecuentemente estas rocas pueden mostrar efectos cataclásticos marcados, en estos casos no se observa mineral ferromagnésico primario relicto, apareciendo éste totalmente cloritizado y, de igual manera, la plagioclasa caolinizada, rericitizada o carbonatada; abunda aquí la proporción en mineral de hierro.

5.4 ROCAS EXTRUSIVAS

Las rocas volcánicas de la zona corresponden en sentido amplio a albitófidas en cuanto a que el feldespato principal presente es de naturaleza albitica, sin embargo por sus características texturales y composicionales pueden distinguirse tipos muy diferentes.

Según su grado de acidez o basicidad, la actividad ígnea del sector se encuadra dentro de tres grupos: uno primero de carácter marcadamente ácido, con escasa representación de fases minerales melanocráticas y con abundante o variable contenido en cuarzo primario (Dacitas, Riolitas y Cuarqueratófidas). Un segundo tipo de características opuestas al primero, con ausencia de cuarzo modal primario (Basaltos y Espilitas), y por último, una facies composicionalmente intermedia con poco cuarzo o sin él y con relativos bajos contenidos en minerales féficos (Andesitas y Queratófidas).

El volcanismo básico es principalmente lávico mientras que las manifestaciones ácidas e intermedias puedan ser tanto lávicas como explosivas, predominando claramente las rocas piroclásticas en las primeras.

Vamos a estudiar los distintos episodios volcánicos en orden a su posición dentro de la columna estratigráfica.

5.4.1 Volcanismo inicial

Atribuidos a esta unidad volcánica, ampliamente extendida en el sector, encontramos tipos rocosos variados de características composicionales tanto ácidas como intermedias, ambas con representantes piroclásticos y lávicos.

Lavas ácidas: Teniendo en cuenta su composición y carácter textural encontramos los siguientes tipos:

Riolitas: Aunque pueden hallarse variedades afíricas, en general, son rocas porfídicas con matriz microcristalina, o microlítica más rara.

Los fenocristales son escasos y normalmente de buen tamaño; su naturaleza es: feldespato potásico —cuarzo— plagioclase. La plagioclase es de carácter ácido e idiomórfica, está maclada y en estado fresco o sericitizada. El componente ferromagnesiano está escasamente presente aunque puede hallarse biotita como microfenocristal cloritizado y con exoluciones de esfena.

La mesostasis contiene, fundamentalmente, cuarzo y K-feldespato y, albita, clorita y sericita accesorios. La formación de K-feldespato es tardía, observándose a menudo como sustituye a los fenocristales de plagioclase alcalina en forma de parches.

Cuando el feldespato potásico desaparece como fenocristal, formando parte exclusivamente de la matriz e inversamente, la cantidad de ferromagnesiano va haciéndose más importante pasamos al siguiente grupo de dacitas, de características muy diferentes.

Dacitas: Son rocas porfídicas o glomeroporfídicas con matriz microcristalina, a veces esferulítica o microlítica. Los fenocristales son muy frecuentes y aparecen en este orden de abundancia: plagioclase —ferromagnesiano— cuarzo. La matriz está formada por plagioclase, cuarzo y clorita esencialmente. El K-feldespato, si aparece, es en cantidades accesorias. El cuarzo de la matriz de estas rocas parece de silicificación (tardío con respecto al episodio volcánico) y a veces resulta relativamente escaso. Puede aparecer intercrecido con la albita o con K-feldespato dando estructuras esferulíticas o bien puede englobar pequeños microlitos de albita.

Los fenocristales de plagioclase, originalmente cálcicos, son euhedrales y están maclados y suavemente zonados; se observan siempre alterados a mica blanca o a sausruta (con mineral de epidota y sericita visibles) y sólo puntualmente a prehnita; esta alteración a menudo es la que marca el carácter zonado residual de aquélla.

El mineral ferromagnesiano está en gran parte cloritizado y alterado a carbonatos, esfena y ocasionalmente a pumpellita. Cuando aparece fresco es en microfenocristales aislados o en acumulados. La variedad más común es entonces una dacita piroxénica constituida por clinopiroxeno en cristales subidiomórficos, bastante incoloros, frecuentemente maclados y con visibles efectos de deformación (extinciones ondulantes y curvamiento de líneas de macla).

Esporádicamente pueden hallarse dacitas anfibólicas en las que el único ferromagnesiano presente es hornblenda cuyos cristales muestran las siguientes características: tendencia al idiomorfismo, ligera oxidación en bor-

des, frecuencia de maclado y pleocrismo de incloro-amarillento a verde aceituna.

Los fenocristales de cuarzo son subidiomorfos, a menudo exhiben golfos de corrosión y ocasionalmente se hallan rodeados por una aureola de intercrecimiento albita-cuarzo.

Los constituyentes accesorios no citados son: esfena, mineral opaco, apatito y circón. Cuando estas rocas contienen amígdalas, su relleno es de clorita y calcita.

Cuarzoqueratófidos: Presentan carácter porfídico con matriz microcristalina o microlítica. Están formados por fenocristales de albita, frescos o levemente sericitizados y fenocristales de cuarzo. La pasta contiene albita, sericita y cuarzo; el ferromagnesiano está representado en ella por clorita muy escasa y esfena y opaco más o menos oxidado. Otros componentes accesorios aunque accidentales son apatito y circón.

Tobas ácidas

El tipo dominante dentro de los materiales piroclásticos aflorantes de composición ácida es una toba cuarzoqueratófídica, aunque localmente pueden encontrarse tobas riolíticas y dacíticas de características mineralógicas análogas a las de sus equivalentes lávicos e incluso algunas tobas cuarzocloríticas o carbonatadas.

A escala microscópica, sólo puntualmente pueden hallarse tobas lítico-cristalinas constituidas por fragmentos de cuarzoqueratófidos, dacitas y riolitas, además de los cristalinos de albita y cuarzo.

Tobas cuarzoqueratófídicas

Son tobas cristalinas en cuanto a la ausencia de fragmentos de roca que presentan y vítreas, en cuanto a la elevada proporción de este componente que contienen. Su carácter es marcadamente leucocrático y su textura porfidoclástica con matriz microcristalina esquistosa o pizarrosa.

El tamaño de los fenoclastos no suele superar 2,8 mm, y a menudo es mucho más inferior; entran, por tanto, en su mayoría en el campo de las tobas cineríticas gruesas, pasando esporádicamente al de las tobas de lapilli (I.U.G.S., 1981).

Los fenocristales de albita y cuarzo aparecen flotando en una pasta microcristalina esquistosa, cinerítica muy fina o desvitrificada a cuarzo y sericita. Los fragmentos vítreos son raros.

Los fenoclastos de cuarzo muestran formas angulosas mientras que los de plagioclase se conservan más completos, ambos exhiben efectos de tectonización, extinciones ondulantes y fracturaciones. La plagioclase se encuentra en estado fresco o bien parcialmente sericitizada o enturbiada por caolín. De manera esporádica pueden aparecer accidentales fenoclastos de ferromagnesiano cloritizado (biotita) o sustituido por mica blanca.

Los minerales accesorios frecuentes son: clorita, esfena, mineral de hierro, circón y apatito y puntualmente calcita y mineral de epidota.

Lavas intermedias

Por disminución del contenido modal en cuarzo y aumento de los componentes ferromagnésicos los cuarzoqueratófidos, pasan a queratófidos y las dacitas a andesitas. Estos tipos de composición intermedia aparecen menos representados que los ácidos y predominan las rocas pertenecientes a coladas sobre las explosivas.

Queratófidos

Están formadas por fenocristales de albita maclada, fresca o ligeramente sericitizada y ferromagnesiano cloritizado, en una matriz microcristalina, o intersertal más rara, constituida por albita y clorita fundamentales y cuarzo y sericita accesorios.

Andesitas

Sus características son análogas a las de las dacitas aunque el cuarzo está ausente como fenocristal e incluso en la matriz. Los fenocristales de plagioclase se presentan, al igual que en aquéllas, albitizados, alterados y zonados. El ferromagnesiano es clinopiroxeno (andesitas piroxénicas), a menudo cloritizado. En algunos casos se encuentra el piroxeno monoclinico totalmente inalterado y unos pseudomorfos cloríticos, a veces con esfena y pumpellita, que parecen sustituir a otro ferromagnesiano de distintas características y del que no se ha podido observar rastro alguno (quizás ortopiroxeno).

La mesostasis puede ser ligeramente esquistosa. Está constituida por plagioclase, sericita y clorita fundamentales y a menudo además cantidades importantes de mineral de epidota, esfena e incluso cuarzo. Es frecuente la presencia de amígdalas con clorita y cuarzo.

Algunas rocas tienden a términos latíticos o traquiandesíticos ya que presentan una considerable cantidad de feldespato potásico tanto en la matriz como en fenocristales (potasificación).

Tobas intermedias

Estas rocas aparecen poco representadas, se trata de andesitas piroxénicas tobáceas de análogas características a las andesitas descritas anteriormente, pero de aspecto más irregular. Su matriz es heterogénea, a menudo esquistosa y presenta zonas bréchicas de igual composición.

5.4.2 Volcanismo ácido y básico abigarrado

Atribuidas a esta unidad se encuentran volcanitas de las tres composiciones: ácida, intermedia y básica, resultando más ampliamente representadas las primeras y entre ellas las dacitas y las tobas cuarzoqueratófídicas; las andesitas y espilitas son mucho menos abundantes. Todos estos tipos rocosos, a excepción de las espilitas que veremos a continuación en el volcanismo básico, son similares a los descritos para el episodio de volcanismo básico, son similares a los descritos para el episodio volcánico anterior. Quizás lo más característico de esta unidad sea la abundancia en mineral de hierro y clorita (tonos abigarrados) tanto en rocas ácidas como básicas y especialmente, como parece lógico, en estas últimas.

5.4.3 Volcanismo básico

El tipo común representativo de este volcanismo son unas rocas de composición análoga a las diabasas albiticas estudiadas aunque sus caracteres texturales varían en el tamaño de grano como consecuencia de su superior velocidad de enfriamiento.

En estos materiales más finos es más frecuente encontrar los cristales de augita estirados y alineados según la esquistosidad principal y deflecados y alterados a un anfíbol fibroso de la serie de la actinolita-tremolita o esporádicamente con núcleos parcialmente transformados en hornblenda.

Localmente, y dentro de esta unidad, pueden hallarse otras variedades con texturas porfídicas-fenocristales escasos de albita— y matriz pizarrosa básicamente clorítica. Por último, otros tipos son de tendencia andesítica y

amigdalares; las vacuolas, mono o polimineraleas están rellenas de clorita, prehnita, cuarzo y calcita.

5.4.4 Volcanismo segundo

Es de carácter esencialmente piroclástico y de naturaleza ácida, aunque esporádicamente se hallan algunos términos intermedios.

Tobas

Se trata de tobas cuarzoqueratófídicas y riolíticas fuertemente esquistoas. Aisladamente se ha podido encontrar alguna toba lítica y poligénica (clastos metamórficos).

La cantidad y el tamaño de los fenoclastos son variables. Respecto a la cantidad de éstos se pueden considerar siempre escasos, aislados e incluso nulos (tobas vítreas) en este último caso se encuentran verdaderas pizarras procedentes de la desvitrificación de un vidrio volcánico original. El tamaño de los fenocristales no suele superar el milímetro: tobas cineríticas.

Su composición mineralógica es análoga a las rocas del mismo nombre del volcanismo inicial. Algunos términos son de naturaleza queratófídica o andesítica.

Lavas

Las escasas rocas lávicas halladas son de composición ácida, pueden ser afíricas o contener fenocristales raros y subidiomórficos de albita, más o menos sericitizada, y cuarzo. La matriz es microcristalina, a veces microlítica y poco o nada esquistosa; está constituida por cuarzo y albita y K-feldespato.

5.4.5 Volcanismo tercero

Los escasos afloramientos de este episodio volcánico en el área son fundamentalmente piroclásticos aunque puntualmente pueden hallarse lavas. Su carácter composicional es intermedio.

Los piroclastos son tobas cineríticas muy finas constituidas por numerosos clastos, en general de pequeño tamaño (escasas decenas de micras),

básicamente cristalinos de albita y K-feldespato y en, menor proporción líticos de igual composición intermedia. La matriz es esquistosa y microcristalina y está constituida por albita y sericita principalmente y clorita y cuarzo subordinados.

El ejemplar lávico estudiado corresponde a una roca afanítica y afírica con textura fluidal traquítica formada por microlitos de albita; en segundo orden de abundancia, clorita, m. de epidota y prehnita como minerales intersticiales y de relleno, y esfena y apatito accesorios.

5.5 ROCAS FILONIANAS

Se han distinguido dos tipos, unos de naturaleza básica y otro ácido de diques de cuarzo.

De los primeros existen seis afloramientos en la mitad N de la Hoja. El más occidental está junto al pueblo de Santa Bárbara; otros están varios kilómetros al N de La Mina La Joya, de los que el más importante adopta una posición alargada NO-SE, con 2-3 m de potencia y una decena de metros de corrida; por último, otros dos afloramientos en la esquina NE del plano. Son rocas muy compactas, de grano fino, y color verde.

El estudio petrográfico pone de manifiesto la existencia de dos tipos litológicos: cuarzo-diabasas y lamprófidos.

Cuarzo diabasas: Presentan textura ofítica fina. Están constituidas por plagioclasa y clinopiroxeno. La plagioclasa está fresca o débilmente alterada a m. de epidota (clinozoisita y pistacita) y carbonatados, el clinopiroxeno es augítico a menudo está maclado y transformado en bordes a anfíbol fibroso y a clorita. El cuarzo se presenta de forma intersticial junto con la clorita. Los minerales accesorios son esfena y apatito.

Lamprófidos

La única muestra analizada muestra las siguientes propiedades: texturalmente es panidiomórfica fina y porfídica residual. La naturaleza de los escasos fenocristales presentes es imposible de averiguar ya que se encuentran absolutamente transformados en carbonatos. Está constituida además, por piroxeno, biotita, clorita, plagioclasa y feldespato potásico como minerales principales y hornblenda, cuarzo, esfena, opaco y apatito como accesorios.

El piroxeno es monoclinico, idio y subidiomórfico, está maclado y zonado menos comúnmente. Se presenta en pequeños acumulados. De la

biotita destaca especialmente su idiomorfismo; aparece en láminas rojizas muy alargadas y parcialmente cloritizada. La plagioclasa está en estado fresco, y en sus bordes y rodeándola, e intersticialmente, se encuentra el feldespato alcalino, cuya presencia resulta importante.

Los diques de cuarzo están formados por cuarzo prismático lechoso que ocupa zonas de fractura. La mayor parte de los afloramientos distinguidos se encuentran en las proximidades de la aldea Montes de San Benito, en la Formación Volcano-Sedimentaria, pero con mayor o menor desarrollo se encuentran dispersos por la Hoja en todo tipo de materiales; así en la parte SE, tanto en rocas volcánicas como en el Culm.

6 METALOGENIA

La hoja de El Cerro de Andévalo se encuadra en una de las provincias metalogénicas más importantes de Europa: La Faja o Cinturón Pirítico Ibérico que se extiende desde Sevilla, en España, hasta el Océano Atlántico, en Portugal, con una longitud del orden de 240 km y una anchura media de 45 km.

El potencial minero de esta región se estima superior a mil millones de toneladas de sulfuros con leyes medias de 44-48% de S; 39-44% de Fe; 2-6% de Cu+Pb+Zn; 0,3-0,5% de As; 0,2-1,5 gr/Tm de Au y 5-40 gr/Tm. de Ag. Se admite que unos 250 millones se han extraído, 500 millones son reservas seguras y el resto constituye mineral probable.

Otras mineralizaciones de esta provincia son las de manganeso y, con menor importancia, los filones hidrotermales de calcopirita, galena, estibina, barita y manganeo.

6.1 YACIMIENTOS DE SULFUROS

Aunque se citan hasta 34 especies de minerales metálicos primarios, la mena comprende: pirita (60 al 90% del total), calcopirita, galena, esfalerita, arsenopirita, pirrotina y cinabrio, que justifican sobradamente el carácter polimetálico y complejo de estos depósitos. La ganga son carbonatos (0-25%) y silicatos (5-15%).

Desde comienzo de la década de los años 60, se admite que los yacimientos de sulfuros del Cinturón Pirítico son singenéticos y que se han

formado por procesos exhalativo-sedimentarios. El carácter singenético y sedimentario se pone de manifiesto por la relación de los depósitos con ciertos niveles de la columna estratigráfica; por la concordancia entre éstos y la roca-caja; por la lenta transición, en algunos casos, entre ésta y aquéllos y por las estructuras sedimentarias observadas en las mineralizaciones masivas, principalmente estratificación gradada. El origen exhalativo se confirma por la estrecha asociación entre los yacimientos y ciertos episodios efusivos ácidos del Complejo Volcánico Sedimentario.

El mecanismo que origina las mineralizaciones puede esquematizarse como sigue:

En las últimas etapas de cada ciclo del volcanismo ácido submarino fisural, instalado en la región durante el Tournaisiense-Viseiense Inferior, se producirían vapores sulfurosos, bien a través del cono central, pero principalmente por alguno de sus adventicios, que se disuelven en el agua. En cuencas de ambiente reductor y por procesos bacteriológicos, se produce el ión-sulfuro $S^{=}$ que al combinarse con los cationes metálicos (Fe, Cu, Pb, Zn, etc.) contenidos en salmueras oceánicas y/o procedentes de la sedimentación normal de la cuenca, origina lodos geliformes de sulfuros complejos que se depositarían en pequeñas depresiones continuamente neoformadas en un fondo marino inestable debido a la actividad volcánica. Estos lodos originan depósitos estratiformes masivos y cuando se emplazan cerca del foco volcánico dan lugar a yacimientos "proximales", que llevan asociada una mineralización diseminada de pirita frecuentemente rica en calcopirita, tipo "stockwork", de geometría columnar, que corresponde a chimeneas de aporte de los elementos que originan. Si el transporte de los geles sulfurosos es mayor, el yacimiento es "distal" y no tiene "stockwork" asociado. Evidentemente entre ambos tipos hay situaciones intermedias. Las masas de sulfuros sufrieron posteriores modificaciones debidas al plegamiento hercínico y a procesos de alteración y removilización. En la actualidad, para distinguir ambos yacimientos es necesario recurrir a las facies del volcanismo ácido correspondiente y a las estructuras sedimentarias de la mineralización. Los depósitos "proximales" se encuentran relacionados con piroclastos gruesos y en ellos las estructuras sedimentarias son infrecuentes y groseras; en los depósitos "distales", por el contrario, dichas estructuras son muy claras, principalmente la estratificación gradada, y los productos volcánicos de tamaño muy fino.

Morfológicamente los depósitos masivos son generalmente lenticulares, con longitudes extremas de 50 a 3.000 metros; potencia entre 3 y 100 metros; tercera dimensión casi siempre superior a 150 metros, y tamaño entre 1 y 50 millones de toneladas.

Los procesos de meteorización durante el Secundario y el Terciario originaron "gossan" o monteras de hierro (hematites, goethita y limonita principalmente), y en la zona de cementación enriquecimientos secundarios de oro, plata y cobre, objeto de explotación desde tiempos prehistóricos por tartesos, fenicios y romanos.

Las monteras de hierro fueron los indicios que permitieron llegar al mineral en épocas pasadas. Actualmente todos los afloramientos de gossan se encuentran reconocidos con labores mecánicas, y en la investigación de nuevas masas se utilizan técnicas geofísicas principalmente, y geoquímicas. Los métodos geofísicos más indicados son eléctricos "sensu lato" y el gravimétrico, que miden dos propiedades físicas características de los sulfuros masivos: su buena conductividad eléctrica y su elevada densidad. Ambos métodos son complementarios y para establecer la naturaleza "metálica" o "sin metal" de la anomalía de cualquiera de ellos es necesaria comprobarla con el otro (STRAUSS, FERNANDEZ ALONSO y MADEL, 1974). Los métodos geoquímicos tradicionales tropiezan con el inconveniente de la elevada contaminación de toda la Faja Pirítica y por esto su aplicación práctica es muy limitada. La mercuriometría parece tener mejores posibilidades.

Desde 1960 en todos los descubrimientos de nuevas masas, los métodos geofísicos han desempeñado un importante papel (STRAUSS, MADEL y FERNANDEZ ALONSO, 1977).

En la Hoja de El Cerro de Andévalo se encuentran los centros mineros de Lomero-Poyatos, La Joya, y San Telmo en activo; y La Sorpresa, Aguas Teñidas, El Perrunal, Confesionarios (Valdelamusa), el Carpio, Lancha y Roma, La Rica y El Risquillo, inactivos. En el límite de hojas con Nerva se encuentra La Zarza, importante mina activa.

Todas estas mineralizaciones están en el C.V.S. asociadas al volcanismo inicial.

6.2 YACIMIENTOS DE MANGANESO

Se encuentran los yacimientos de manganeso en el Complejo Volcánico Sedimentario, relacionados con el volcanismo ácido segundo y sus facies asociadas (H_{11-12}^{A-A} , V_2 , H_{11-12}^{A-A} , Pm y H_{11-12}^{A-A} J), más concretamente en relación con jaspes.

Son depósitos estratiformes, de origen singenético-sedimentario, y se presentan generalmente en jaspes y pizarras moradas. La mena primaria está compuesta por silicatos y carbonatos (rodonita y rodocrosita) y normal-

mente se explotan óxidos y peróxidos (pirolusita, psilomelana, wad) procedentes del enriquecimiento secundario de la mineralización primaria, que se concentra en fracturas y fallas en forma de "bolsadas".

En esta Hoja hay bastantes minas de manganeso, destacando las de Cicerón, Peña Rubio, La Guerra, Las Minetas y Loma Corralejo; todas ellas inactivas.

6.3 YACIMIENTOS FILONIANOS

En la Faja Pirítica son numerosos los yacimientos filonianos hidrotermales de baja temperatura, relacionados con fracturas y diques, y siempre del tamaño reducido y escaso interés práctico.

En el dominio de la Hoja estudiada aparecen pequeñas mineralizaciones filonianas de calcopirita, estibina, manganeso y barita. La ganga está constituida por calcita y/o cuarzo.

Se trata de pequeños yacimientos hoy inactivos.

7 GEOLOGIA ECONOMICA

7.1 MINERIA

La importancia minera de esta Hoja está ampliamente demostrada con la presencia en su dominio de yacimientos estratiformes de sulfuros masivos. Actualmente se encuentran activas las minas de La Joya, San Telmo, Lome-ro-Poyatos y La Zarza.

Otros yacimientos existentes, aunque con menor interés económico son: estratiformes de manganeso, y filones de cobre, de barita y de manganeso.

7.1.1 Yacimientos estratiformes de sulfuros masivos

Existen 12 criaderos, de los cuales 9 se encuentran en la mitad oriental de la Hoja y 3 en la occidental.

Los sulfuros masivos, en sentido geológico, son "pirititas" (STRAUSS 1970), es decir, rocas que se componen mayoritariamente de pirita y además otros sulfuros como calcopirita, esfalerita, galena, arsenopirita, etc.

Estos criaderos tienen características comunes dadas sus peculiaridades genéticas, como son:

- Se encuentran en determinados horizontes estratigráficos, en estrecha relación con rocas volcánicas piroclásticas ácidas.
- Sedimentación en ambiente reductor (roca caja de pizarras carbonosas).
- Forma estratoide – lentejonar.
- Contactos concordantes y graduales con la roca encajante (pizarras y tobas).
- Rasgos de carácter sedimentario (alternancias, estructuras de techo y muro, sedimentación gradual, estratificación cruzada, estructuras geliformes, presencia de colonias bacterianas, resedimentación de la piritita, etc.).
- Orientación según los ejes de plegamiento.
- Roca caja a veces cloritizada y silicificada en las proximidades de las menas.
- Mineralización uniforme, aunque existen variaciones en la proporción de los distintos sulfuros.
- Presencia de gran número de elementos metálicos.

En la descripción de los yacimientos se han utilizado datos de PINEDO VARA (1963).

a) Lomero-Poyatos

Queda situada entre los términos municipales de El Cerro de Andévalo y Cortegana, casi en el borde norte de la Carretera Ayamonte-Aracena entre San Telmo y Valdelamusa; X = 314.800 Y = 361.800.

De carácter estratiforme se encuentra a techo del volcanismo inicial (respaldo sur) y con tobas abigarradas y tufitas a techo (respaldo norte).

El criadero, con 900 m de corrida, es de potencia reducida, con distintos engrosamientos que aumentan en profundidad y dan las masas de Lomero, Central y Poyatos, situadas de este a oeste. Las dos últimas tienen dirección E-O mientras que hacia Lomero y en profundidad se nortea hasta N50-60°E. El buzamiento general del criadero es de unos 35°N.

Las potencias de las masas o zonas del criadero han sido muy reducidas, apareciendo como más frecuentes en Lomero y Central las de 3 a 5 m y de 3 a 10 m en Poyatos.

Los tipos de mineralización son también variados, encontrándose piritita normal en las masas extremas Poniente-Levante y ferrocobrizita en la Central, además de una franja de azufrón con anchuras de 2 a 4 m a lo largo de la mayor parte del contacto sur y de unos minerales complejos situados en el extremo Levante.

La explotación de este yacimiento comienza con ERNESTO DELIGNY en 1853 a cielo abierto, continuando la extracción de mineral por interior.

Desde 1859 hasta 1960 la producción del grupo Lomero-Poyatos ha sido de 1.568.000 Tm. En la actualidad es una de las pocas minas que continúan en actividad con una producción de 50.000 toneladas año.

b) San Telmo

Se encuentra en el término municipal de Cortegana a unos 8 km al NNO de El Cerro de Andévalo. Coordenadas Lambert x: 311.300 y: 361.150.

Posee tres criaderos conocidos por los nombres de Cruzadillo, Santa Bárbara y San Germán (situados de levante a poniente). De carácter estratiforme ocupan posición de techo del volcanismo inicial, con direcciones y buzamientos de:

Cruzadillo; N40°E, 40-50°NO

Santa Bárbara; E-O, 60°N

San Germán; N-4-E, 40°O

La mena presenta gran variabilidad en tipos de mineral clasificándose en: Mineral complejo (con alto contenido en cinc y plata, fundamentalmente, y bajo en azufre e hierro); Mineral cobrizo primario (alto en cobre y bueno en azufre); Piritas de hierro (alto contenido en azufre e hierro y bajo en metales Cu, Pb y Zn).

En la masa Santa Bárbara los minerales son, en general, de excelente calidad, dado su alto porcentaje en cobrizo y su no alta ley en arsénico. Característica también puede ser la abundancia de minerales complejos, encontrados aquí en mayor proporción que en otras minas, especialmente en los primeros 60 m. Estos disminuyen con la profundidad, pero no desaparecen, pues los ricos en cinc se encuentran también cerca del muro de los pisos inferiores. En las inmediaciones al mineral complejo es donde se suelen encontrar las piritas más cobrizas.

Los criaderos de Cruzadillo y San Germán fueron explotados desde épocas remotas, como lo demuestran las herramientas de la edad de piedra encontradas en el siglo pasado en las partes altas de la masa San Germán. También trabajaron aquí los romanos, dejando como huellas sus escoriales, pozos y galerías. La historia contemporánea de San Telmo empieza en 1853 con ERNESTO DELIGNY.

La producción aproximada de esta mina ha sido de 2 millones de toneladas. En los últimos años se explotó a cielo abierto y minería de interior la masa Santa Bárbara. En la actualidad no hay actividad de minería, limitándose a la venta de los depósitos de mineral acumulados en superficie.

En cuanto a reservas no se dispone de datos concretos que permitan dar cifras fiables.

c) El Carpio

Se sitúa en el término de Cortegana, a 1.500 m al NO de la mina San Telmo.

Su posición geológica es a techo del volcanismo inicial interestratificado entre tobas, pero la gran alteración superficial con óxidos de hierro, hacen difícil reconocer las rocas.

El yacimiento tiene dirección N-115°E y buzamiento de 50° al norte.

Las leyes en cobre del mineral debieron ser buenas en sus partes superiores (zona de enriquecimiento) pero al profundizar disminuyen hasta 0.4-0.6%, con azufre entre 45 y 49 por 100.

La mina se explotó por interior entre 1860 y 1922, año en que paralizaron los trabajos, con una producción total del orden de 600.000 Tm.

d) El Perrunal

Se encuentra en el término municipal de Calañas junto al poblado minero del mismo nombre, en coordenadas Lambert x: 320.200 y: 350.850.

De carácter estratiforme a techo del volcanismo inicial, forma un solo cuerpo mineral junto al yacimiento de la Zarza (más a Levante), con longitud total próxima a 3.000 m y potencias muy variables.

El criadero de El Perrunal ocupa el extremo poniente del cuerpo mineralizado, tiene dirección N-80-E y buzamiento entre 70°N y Subvertical.

El mineral ha sido pirita de grano fino, color claro, brillo metálico y excelentes leyes en azufre (entre 48 y 51%). La explotación se ha realizado por minería de interior, con una producción entre 1901 a 1960 de 7,5 millones de toneladas.

Actualmente se encuentra inactiva debido al agotamiento del yacimiento y al fuego producido en 1949 por recalentamiento de la masa, que ha hecho necesario inundar la mina.

e) La Zarza

En la Hoja de El Cerro de Andévalo entra aproximadamente el tercio poniente de este importante yacimiento, quedando la zona más interesante y en actual explotación en la vecina Hoja de Nerva.

Se encuentra en el término municipal de Calañas, junto al poblado minero Silos de Calañas, x: 320.800 y: 350.900.

El yacimiento constituye una sola corrida con los de El Perrunal, de longitud aproximada 3.000 m en dirección N-80-E. Se sitúa a techo del volcanismo inicial, teniendo como roca caja más frecuente un fino nivel de pizarras negras.

La pirita masiva tiene leyes de 48-50% en azufre y de 0,7-0,8% Cu.

Existen además importantes reservas de "silicatado cobrizo" con 33,5% de azufre y 1,8% de Cu. Este mineral, muy duro, no ha sido explotado, realizándose actualmente estudios para su aprovechamiento.

Este yacimiento fue explotado por tartesos y romanos. En la época contemporánea se han extraído desde 1853 unos 35 millones de toneladas, en un principio a cielo abierto y posteriormente minería de interior.

f) Aguas Teñidas

Situada en el término municipal de Almonaster la Real, a 2 km al sureste de Valdelamusa, en coordenadas Lambert, x: 320.900 y: 358.450.

El yacimiento se encuentra a techo del volcanismo inicial, estratiforme, con gran longitud y escasas e irregulares potencias, las más frecuentes alrededor de 5 m. La dirección del criadero es de N110E.

Las leyes de este mineral en cobre están entre el 3 y 7% y las de azufre de 37 a 38%.

Este criadero se encuentra inactivo desde 1934 y fue explotado por minería de interior, con producción total de unas 900.000 Tm.

g) Confesionarios

Esta mina se encuentra en el término municipal de Cortegana junto a Valdelamusa; x: 318.650 y: 360.050.

Debe estar ocupando posición de techo del volcanismo inicial, término no confirmado debido a la gran alteración existente en las rocas.

La dirección media de los asomos del yacimiento era de N112E y buzamiento al norte.

Las leyes de este mineral debieron ser bajas en cobre, explotándose para la obtención de azufre.

Los trabajos mineros fueron a cielo abierto y debieron paralizarse en el siglo pasado por agotamiento de la mineralización.

h) Sorpresa

Se encuentra en el término de Almonaster la Real, a unos 1.500 metros al noreste de Valdelamusa.

Se trata de un pequeño lentejón pirítico situado con tobas del volcanismo inicial, con dirección N105E.

La mineralización, estrecha y alto cobrizo (hasta el 2% Cu) se explotó entre los años 1910-1913 por interior, con una producción de unas 11.000 Tm.

i) Lancha y Roma

Está situada esta zona en el término municipal de El Cerro de Andévalo, a unos 3.500 m en línea recta al NO de dicho pueblo.

Existe un pozo y abundantes oxidaciones superficiales que fueron investigadas por Geofísica (FERNANDEZ ALONSO 1963) y posteriormente reconocidas con sondeos mecánicos, que cortaron un cuerpo mineralizado en longitud de sondeo superior a 10 m y pirita masiva entre 0,6 y 1,5 m.

Las leyes de la pirita analizada fueron: azufre 37-47% Cu de 2,5 a 8% con porcentajes muy bajos en Pb 0,02%, Zn 0,1% y As 0,04%.

j) La Joya

Situada 7 km al NNE de Cabezas Rubias, coordenadas Lambert x: 306.350 y: 357.425, junto al poblado minero de igual nombre.

La mineralización encaja en tobas ácidas de grano medio a grueso, y con apariencia de silicificadas, y se dispone de una estructura sinclinal de dirección E-O, cuyo núcleo está ocupado por rocas básicas. En superficie, y gracias a la corta, se aprecia el flanco norte del sinclinal, que está verticalizado, con azufrones. Las paredes del sur son volcánicas básicas, y posiblemente afectadas por fractura. En algunos puntos parece apreciarse el núcleo del sinclinal, con mineralización en la base y encima las volcanitas básicas.

Las labores son dos antiguas cortas a cielo abierto Corta Poniente y Corta Levante, estando inundada la primera, cuya masa de dirección N11°E tenía 35 m de corrida y 8 de anchura, y buzamiento 40-45°S.

La mineralización de Levante, comienza 80 m al E de la anterior, y tiene más de 150 m de corrida, 30 m de anchura media y 100 m de profundidad. En ambos extremos la mineralización se adelgaza fuertemente y tiende a orientarse N-S. El mineral es pirita masiva, sobre toda hacia el techo, mientras que en la base lleva galena, algo de blenda, y pasa a azufre; existen también filoncillos de galena-blenda, y calcopirita, por removilización a fracturillas.

Según PINEDO VARA (1963), las leyes son: Corta Poniente: S(41-51%), Cu(0,15-0,8%), Pb-Zn(máx. 1,8%). Corta Levante: S(49,5%), Cu(trazas), Pb-Zn(11-0,6%).

MIRRE, J.C. (?) considera esta mineralización localizada en un "graben", con sendas fracturas de dirección aproximada N-S a ambos lados, en los extremos de las dos cortas. Esta estructura condicionada por la paleogeografía y posiblemente la misma presencia del mineral, hace que para esta zona concreta sea el único yacimiento de interés, y los otros puntos con indicios de mineralización serían apéndices secundarios de este yacimiento, o donde la erosión ha dismantelado el posible yacimiento antiguo.

k) El Risquillo

Está situada unos 4 km al NNE de Cabezas Rubias, y aproximadamente 3,5 km al OSO de la Mina La Joya, junto al Cjo. del Risquillo. La mineralización encaja en niveles de tobas ácidas finas y cineritas con tonos rojizos (abigarradas). Constituyen un lentejón, que se interpreta como pequeña estructura sinclinal de estas rocas, en el grueso de tobas y lavas masivas del volcanismo primero ácido-intermedio.

La mineralización en superficie son óxidos de Fe, pero en escombrera se encuentra piritita masiva y azufrones. Las capas tienen una dirección N100°E y buzamiento 65°N, aunque en la terminación oriental, el lentejón se curva hacia el NE.

Las labores están alineadas en dirección NE-SO, y constan de tres pozos de 18,10, y 7 m de profundidad, y una trinchera de 5 m de altura y 8 m x 3 m, aproximadamente, de sección; 250 m al E de la trinchera, al otro lado del Barranco de los Frailes, existe un pocito.

l) La Rica

Se encuentra situada a unos 3 km al Oeste de Cabezas Rubias, junto a la Rivera del Cañuelo, coordenadas Lambert x: 297.525 y: 353.220. La mineralización encaja en tobas y tufitas ácidas, así como pizarras y cuarcitas en nivelillos de tufitas, aproximadamente en el contacto entre ambas formaciones. Las tobas ácidas, de grano fino, corresponden al primer volcanismo que forma aquí una pequeña charnela anticlinal con niveles de tufitas y pizarras rojizas (abigarradas). Las labores más importantes están en el flanco norte, pero también hay en el flanco sur; son pocillos de 10 a 45 m. No se descarta la posibilidad de ser un lentejón aislado de tobas ácidas dentro de la Formación Volcano-sedimentaria de pizarras y cuarcitas. Hacia el sur sigue una estructura sinclinal con volcanismo ácido segundo separado del primero por un nivel de tobas y tufitas ácidas con algunas pizarras de tonos rojizos (abigarradas).

El yacimiento (según JUBER y ROMERO, E. y CARBONELL TRI-LLO-FIGUEROA, A. 1.919) tiene tres partes o masas:

- Norte: Con tres pozos menores de 12 m. El mineral se cortó a poca profundidad, y de potencia pequeña.
- Central: Con 2 pozos de 30 m, uno de los cuales cortó azufrones.
- Sur: Con 8 pozos de distinta profundidad que no consiguieron delimitar la mineralización.

7.1.2 Yacimientos de manganeso

Las minas de manganeso son frecuentes en la Hoja estudiada, todas ellas abandonadas en la actualidad, y numerosos los registros e indicios existentes.

Su posición geológica queda restringida al C.V.S., sobre todo en el tránsito entre los volcanismos ácidos primero y segundo, y en el segundo preferentemente hacia el techo, pero geográficamente están muy dispersas siendo destacable la concentración existente en los alrededores del pueblo El Cerro de Andévalo.

Las mineralizaciones de Mn poseen las siguientes características comunes:

- Posición definida en la columna cronoestratigráfica.
- Direcciones hercínicas (N-110-E) como las de sulfuros.
- Asociadas fundamentalmente a jaspes.
- Mineralización primaria de silicatos y carbonatos (rodonita y rodocrosita) con leyes bajas 20% Mn.
- Enriquecimiento secundario en la zona de oxidación formándose óxidos y peróxidos con leyes que pueden llegar hasta 75% MnO_2 concentrados en grietas, fracturas y fallas constituyendo "bolsadas".
- En la mayoría de las minas se benefician exclusivamente los óxidos y peróxidos (pirolusita, psilomelana, wad) con minería difícil y rudimentaria debido a su irregular distribución.
- Su última etapa de explotación comienza en 1941 y llega hasta la década de los sesenta.
- Son minas pequeñas (de 1941 a 1960 fueron embarcadas en el puerto de Huelva un total de 400.000 toneladas) y muy numerosas (centenares).
- Falta de investigación geológico-minera que ponga de relieve sus posibilidades y reservas en carbonatos y silicatos de Mn.

A continuación citaremos los yacimientos o indicios más importantes de esta Hoja, con algunos datos sobre labores y leyes obtenidos de PINEDO VARA (1963).

— Cicerón y Peña Rubio

Se encuentra en el término de El Cerro de Andévalo, a unos 7 km al norte de este pueblo; coordenadas Lambert x: 315.000 y: 358.750.

Se explotó esta mina por peróxidos y luego por carbonatos, quedando hoy una corta ovalada cuyos ejes medirán 25 y 15 m; la profundidad será de unos 20 metros.

Junto a ésta (como a 800 m al NO) se encuentran la mina de Peña Rubio (x: 314.300 y: 359.300), con pequeñas labores en jaspes.

La zona puede considerarse como poco reconocida.

— Los Dos o La Guerra

Situada en el término de El Cerro de Andévalo a unos 7 km al O-SO del mismo pueblo, x: 306.800 y: 353.200.

Con labores rústicas en jaspes producía peróxidos de alta calidad.

— Las Minetas.

Está situado 6,5 km al SO de Cabezas Rubias, al N de las Cumbres de la Contienda, entre las carreteras que conducen a la Puebla de Guzmán y a Tharsis, coordenadas Lambert x: 296.390 y: 348.560. Se trata de tres lentejones de jaspes manganesíferos en medio de pizarras y cuarcitas con niveles de tobas y tufitas ácidas (Formación Volcano-sedimentaria), de dirección N105°E, subverticales. Las labores consisten en una corta en el lentejón más oriental de 10 m de profundidad y 35 m x 15 m de sección; y un pocillo en el más occidental, de 2 a 3 m de profundidad.

— Loma Corralejo.

Este indicio está situado 3,5 km al E de Cabezas Rubias, 300 m al S de la Ctra. que une este pueblo con el de Calañas, casi en la vertical del vértice Cerro de Andévalo, coordenadas Lambert x: 303.725 y: 352.200. Las labores están localizadas en tobas ácidas finas, tufitas, cineritas y pizarras, alineadas según dirección N100°E, que corresponden con una fractura, en la que, según las escombreras, existen lentejones de jaspes manganesíferos. Los óxidos de manganeso han sido también removilizados a la zona de fractura, y encajan, junto con cuarzo, en tobas finas y pizarras.

Las labores son dos pocillos de 7 y 10 m de profundidad; 100 m al E existe una corta de 3 m de profundidad y 10 m x 6 m de sección, donde se aprecia la fractura, y 200 m más al E hay otro pocillo de 8 m; 400 m al oeste de los dos pocillos primeros existe otro pocillo de 2 m en jaspe, y aproximadamente 1 km más al oeste una pequeña corta de 3 m de altura en lentejón de jaspes manganesíferos.

7.1.3 Yacimientos filonianos

a) Filones de cobre

— Mina de Pozo Herrero

Unos 6 km al OSO de Cabezas Rubias, junto al Bco. de los Pedrenales, coordenadas Lambert x: 294.500 y: 352.600. Las labores son un pocito de 3 m de profundidad y una trincerilla siguiendo fractura de dirección NO-SE. La mineralización son pintas y fracturillas rellenas de calcopirita-malaquita en ganga de cuarzo.

— Madroñosa

Situado junto al vértice del mismo nombre en coordenadas Lambert x: 308.947 y: 351.506. La mineralización aprovecha una fractura de dirección N70°E entre rocas básicas y abigarradas. La mena está compuesta por azurita y malaquita entre cuarzo y carbonatos. Las labores consisten en una pequeña excavación de 5 x 2 m de sección y 1-2 m de profundidad.

b) Filones de antimonio

— Mina La Esmeralda?

Esta mina, por las referencias de PINEDO VARA, I. (1963) parece corresponder a las labores que se encuentran situadas cerca del límite S del plano, entre las carreteras que conducen de Cabezas Rubias a La Puebla de Guzmán y a Tharsis al S del Cabezo de la Camorra; coordenadas Lambert x: 296.650 y: 347.200. La mineralización es de antimonita o estibina con ganga de cuarzo. Según referencias de PINEDO VARA, el filón fue reconocido en 20 m, con una potencia media en la parte central de 5 cm, y 60 cm de potencia máxima.

Las labores que se han visto consisten en dos pozos semienterrados de 5 m de profundidad cada uno, y una pequeña trinchera de 5 m en dirección N75°E algo al S de los pozos, que parecen estar alineados según la misma dirección, con abundante cuarzo en las escombreras.

c) Filones de barita

— Aproximadamente a 500 m a levante del Apeadero Tamujoso (km 120,6 Ferrocarril Zafra-Huelva) existe un socavón del que se ha extraído barita procedente de una fractura que con dirección N50°E atraviesa el volcanismo ácido segundo.

d) Filones de manganeso

Se han distinguido tres filones de este tipo:

— Mina Herculano.

Situada 2 km al OSO de la aldea Montes de San Benito, coordenadas Lambert x: 299.750 y: 347.825.

Se trata de un filón de cuarzo con una dirección N125°E y buzamiento entre 50° y 60°N, con potencia de 1 a 3 m, que encaja entre pizarras de la Formación Volcano-sedimentaria y del Grupo Culm. Las labores consisten en una corta de 5 m de profundidad, con un socavón tapado; 200 m al O existe un lentejón de jaspes manganésíferos en la misma Formación volcano-sedimentaria, con labores muy someras.

Este indicio debe corresponder a la Mina Herculano, que según Pinedo Vara explotó últimos óxidos bajos para vidrierías del 50-55% MnO_2 , y varios cientos de toneladas para ferroaleaciones con leyes 30% Mn y 38% SiO_2 .

— El Minguete

Situada 2,5 km al ENE de la aldea Montes de San Benito, al S del Cabezo de Guerrilla, coordenadas Lambert x: 303.875 y: 349.000. El mineral, óxidos de manganeso, se encuentra en una zona de fractura con numerosos niveles de cuarzo que se encuentran plegados y aislados en forma de lentejones. La dirección de esta fractura es, aproximadamente N100°E y el buzamiento 70°N, y se localiza en pizarras y cuarcitas de la Formación Volcano-sedimentaria.

Las labores son una corta de 5 m de altitud con varios socavones, algunos inclinados (pozos de arrastre, que se encuentran semienterrados).

— A unos 100 m al norte del km 31 de la carretera de Valverde del Camino a Cabezas Rubias, 1 km al SE del vértice Madroñosa. Se trata de una fractura con dirección E-O y buzamiento 70°N que pone en contacto al C.V.S. con Culm. Se encuentra rellena de cuarzo y óxidos de manganeso sobre la que se ha hecho una trinchera de 15 x 5 m de sección y 3 m de profundidad.

7.2 CANTERAS

Son prácticamente inexistentes en esta Hoja. Puede citarse la que se encuentra 100 m a poniente de la estación o apeadero del Tamujoso en la

que se han explotado tobas gruesas y aglomerados del volcanismo segundo, así como otra pequeña cantera 1 km al oeste de Cabezas Rubias, en lavas y tobas gruesas del primer volcanismo.

7.3 HIDROGEOLOGIA

Se trata de una zona seca, de vegetación pobre, por lo general de arbustos, con algunas manchas de encinas y muy localmente algunos pequeños pinares. Sin embargo, últimamente se han realizado extensas plantaciones de eucaliptos.

Desde el punto de vista hidrogeológico la zona ofrece escasas posibilidades. Los materiales en su conjunto son bastante impermeables, sin la porosidad necesaria para que sirvan de acuíferos.

A la vista de estas condiciones, las únicas zonas de interés para captar agua subterránea son las fracturas, y desde luego con caudales poco importantes, tan sólo suficientes para pequeñas cortijadas.

La posibilidad de construir embalses superficiales son también escasas, sobre todo por la contaminación existente en arroyos de cierta importancia (Rivera de la Fresnera y Rivera Pelada), producida por las mineralizaciones piríticas existentes.

8. BIBLIOGRAFIA

- AMSTUTZ, G.C. (1974).— "Spilites and spilitic rocks". *International Union of Geological Sciences. Series A* nº 4, p. 482. New York.
- ARMENGOT, J. (1970).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica de El Cerro de Andévalo (nº 937)" 1ª serie *IGME*.
- ARNOLD, M. y SOLER, E. (1973).— "Les minéralisations pyriteuses associées au volcanisme quartzkeratophirique du sud de la Peninsule Ibérique" *C.R. Acad. Sc. Paris*, pp. 1.373-1.376.
- AYE, F. (1974).— Géologie et gites métallifères de la moyenne vallée de l'Odiel". Thèse 3^{er} cycle. *Université Pierre et Marie Curie, Paris* (Inédito).
- AYE, F. (1975).— "Mise en évidence d'un sill basique de grandes dimensions dans la ceinture pyriteuse sud-ibérique (Calañas, El Buitrón, Huelva, Espagne)". *C.R. Acad. Sci. Paris*. t. 281, pp. 965-968.

- BARBIER, J. (1976).— "Contribution a la géochimie de la province pyriteuse sud-ibérique" *B.R.G.M.* pp. 1-10.
- BARD, J.P. (1969).— "Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale: sa place dans le segment hercynien sud-ibérique". Thèse, *Université de Montpellier*, 398 p.
- BEATO, M.F. y GONCALVES, F. (1976).— "Contribuição para o conhecimento da bibliografia geológico-mineira da Provincia Pirítosa do Sudoeste da Peninsula Ibérica e dos seus jazigos". *Comunic. Serv. Geol. Port.* T. LX, p. 317-378. Lisboa.
- BERNARD, A. J (1972).— "A propos des limites actuelles de la prospection indirecte en mines métalliques". *Extrait des Annales des Mines de Belgique*, 21 p.
- BERNARD, A.J. y SOLER, E. (1971).— "Sur la localisation géotectonique des amas pyriteux massifs du type Riotinto" *C.R. Acad. Sci. Paris.* t. 273, pp. 1087-1090.
- BERNARD, A.J. y SOLER, E. (1974).— "Aparçu sur la province pyriteuse sud-ibérique. Centenaire de la Société Géologique de Belgique. Gisements stratiformes et cuprifères". *Liege*, pp. 287-315.
- BERNARD, A.J. y SOLER, E. (1980).— "Problèmes géologiques et métallogéniques en province de Huelva-Espagne". *Mem. XXVI Congr. Geol. Inter. Paris*, 54 pp.
- BOOGARD, M. Van Den (1963).— "Conodonts of upper Devonian and Lower Carboniferous age from Southern Portugal". *Geol. Mijnb.* n° 42, pp. 248-259.
- BOOGARD, M. Van Den (1967).— "Geology of the Pomarão region (Southern Portugal)". Doctoral Thesis. *Univ. of Amsterdam. Rotterdam.* Deltro, 113 p.
- BOOGARD, M. Van Den y SCHERMERHORN, L. J.G. (1975).— "Conodonts faunas from Portugal and Southwestern Spain". *Scripta Geolog.* n° 28, pp. 1-43.
- BOUMA, A.H. (1962).— "Sedimentology of some flysch deposits" *Elsevier, Amsterdam*, 168 p.
- CANTO ROMERA, J.M. (1977).— "Estudio de viabilidad del Grupo Minero Sotiel. Informe geológico". *Minas de Almagrera, S.A.* (Inédito).
- CARVALHO, D. (1976).— "Considerações sobre o vulcanismo da região de Cercal - Odemira. Suas relações com a faixa piritosa". *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. 60, pp. 215-238.
- CARVALHO, D.; CORREIA, H. y INVERNO, C. (1976).— "Contribuição para o conhecimento geológico do grupo Ferreira-Ficalho. Suas relações com a faixa piritosa e grupo de Pulo do Lobo. *Mem. y Notc.* n° 82, pp. 145-169 *Univ. Coimbra*".

- CARVALHO, D. (1977).— "Geologia, Metalogenia e Metodologia da investigação de sulfuretos polimetálicos do Sul de Portugal 1^{er} Curso Rosso de Luna Area II, *I.G.M.E.*, pp. 91-145.
- COULLAUT, J.L.; SOLER, M. y ANTON, J.A. (1975).— "Investigación de piritas y sulfuros complejos en la zona de Aznalcóllar". *Jornadas Minero Metalúrgicas de Bilbao*, pp. 155-178.
- COULLAUT, J.L. et all. (1978).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000 de Aznalcóllar (nº 961)" 2ª serie *IGME. Madrid*.
- CRUZ GASPAR, O da (1961).— "Associação genética dos espilitos com os jazigos de manganés de Baixo Alentejo". *Estd. Not. Traba. Serv. Fom. Min.*, vol. 15, pp. 177-196.
- DELCEY, R. (1970).— "Notes sur la stratigraphie et le volcanisme de la province pyrito-cuprifère du Baixo Alentejo (Portugal)". *Estd. Not. Traba. Serv. Fom. Min.* vol. 19, pp. 199-225. Oporto.
- DESPREZ, D. y SOLER, E. (1971).— "Les minéralisations pyriteux et manganésifères liées aux formations volcano-sédimentaires de la province de Huelva". *Bull. B.R.G.M. Paris*, sect. II. núm. 6, pp. 5-16.
- DEWEY, J.F. (1969).— "The origin and development of kink bands in a foliated body" *Geol. Journ.* V. 6, part. 2 p. 193-216.
- FANTINET, D. et all. (1976).— "Faunes famenniennes de certains horizons calcaires dans la formation quartzitophylladique aux environs de Mértola (Portugal méridional)" *Comunic. Serv. Geol. Port.* T. LX, p. 121-137.
- FEBREL, T. (1965).— "Sobre la existencia de dos cruceros representativos de dos distintas deformaciones en el Devoniano-Carbonífero de la Hoja de Calañas nº 959, *Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp.* nº 77, pp. 187-202.
- FEBREL, T. (1966).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica de Calañas (nº 959)" 1ª Serie *IGME*.
- FERNANDEZ ALONSO, F.; SANTOS BONAÑO, A. y LEYVA CABELLO, F. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica de Gibraltón (nº 981) 2ª Serie *IGME*.
- FERNANDEZ ALONSO, F. y STRAUSS, G.K. (1978).— "Investigación geofísica de sulfuros masivos en el Flanco Norte del Anticlinal de Puebla de Guzmán (Huelva) Inédito. *IGME*.
- FERNANDEZ ALVAREZ, G. (1975).— "Los yacimientos de sulfuros polimetálicos del SO. Ibérico y sus métodos de prospección" *Studia Geológica*, IX, pp. 65-102, *Salamanca*.
- GARCIA PALOMERO, F. (1974).— "Caracteres estratigráficos del anticlinal de Riotinto". *Studia geológica*, VII, pp. 93-124 *Salamanca*.
- GARCIA PALOMERO, F. (1977).— "Caracteres geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de las mineralizaciones del "Anticlinal de Riotinto". *Acta-Salmanticensia. Salamanca*.

- GONZALO Y TARIN, J. (1878).— "Reseña geológica de la provincia de Huelva". *Bol. Com. Mapa Geol. de España, Madrid*.
- GONZALO Y TARIN, J. (1886-1887).— "Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva". *Mem. Com. Mapa Geol. de Esp., Madrid*.
- HOLLINGER, R. (1958).— "Contribución al conocimiento de la geología del suroeste de la provincia de Huelva". Tesis *Geol. Inst. Münster*.
- HORIKOSHI, E. (1969).— "Volcanic activity related to the formation of the Kuroko-Type Deposits in the Kosaka District Japan". *Mineral Deposita (Berlin)*, 4, pp. 321-345.
- HUTCHINSON, R.W. (1973).— "Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance". *Econ. Geol. and the Bull. of the Soc. of Econ. Geologists*, p. 1223-1243.
- IGME (1974).— "Mapa Geológico de España 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Sevilla n° 75". Madrid.
- JUBES Y ROMERO, E. y CARBONELL TRILLO-FIGUEROA, A. (1919).— "Estudio sobre los yacimientos de pirita ferrocobrizada de la zona de la mina "La Rica", sitos en los términos municipales de Cabezas Rubias y El Cerro". *B.O. de Minas y Metalurgia* n° 21.
- KERSABIEC, A.M. y ROGER, G. (1976).— "Sur la distribution de quelques éléments en traces dans l'encaissant des amas pyriteux de la partie centrale de la province de Huelva (Espagne)". *Bull du B.R.G.M.* (2ª serie). Sect. II, n° 5, pp. 439-485.
- KINKEL, A.R. Jr. (1962).— "Observation on the pyrite deposits of the Huelva district (Spain), and their relation to volcanism". *Econ. Geol.*, 57, *Lancaster*, pp. 1071-1080.
- LECA, X. (1976).— "Le volcan-sédimentaire de la région d'Alcoutim (Baixo Alentejo — Portugal)". *Comunic. Serv. Geol. Port.*, t. 60, pp. 139-149.
- LECOLLE, M. (1971).— "Note préliminaire sur le métamorphisme et la tectonique de la Province pyrito-cuprifère de Huelva (Espagne). Conséquences pétrologiques". *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 270, p.p. 1563-1566.
- LECOLLE, M. (1971).— "Séquence lithostratigraphique et phases de déformations dans une partie de la province pyrito-cuprifère de Huelva. Conséquences à l'échelle régionale". *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 272, pp. 1956-1959.
- LECOLLE, M. (1972).— "Sucesión lithológica y estratigráfica en la provincia de Huelva; posiciones de las mineralizaciones magnanésíferas y piríticas". *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 274, pp. 505-508.
- LECOLLE, M. (1974).— "Présence de tufs soudés dans le volcanisme acide

- dinantien d'une partie de la province de Huelva (Espagne); conséquences, paléogéographiques". *C.R. Acad. Sc. Paris.* t. 278. Serie D. pp. 839-842.
- LECOLLE, M. y ROGER, G. (1973).— "Métallotectes lithostratigraphiques et paléogéographiques dans la province pyrito-cuprifère sud-Ibérique". *C.R. Acad. Sci. Paris.* t. 276. pp. 141-144.
- LECOLLE, M. y ROGER, G. (1976).— "Metamorphisme régional hercynien de "faible degré" dans la province pyrito-cuprifère de Huelva (Espagne). Conséquences pétrologiques". *Bull. Soc. géol. France.* t. XVIII, n° t. pp. 1687-1698.
- LECOLLE, M.; ROGER, G.; AYE, F. y MOLIERE, P. (1977).— "Amas sulfurés volcano-sédimentaires. La ceinture sud-ibérique a amas sulfurés dans sa partie espagnole medienne". *Université Pierre et Marie Curie, Paris.* 387 p.
- LEYVA CABELLO, F. y RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. (1976).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000 de Sanlúcar la Mayor (n° 983)" 2ª Serie. *IGME.*
- LEYVA CABELLO, F. y RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000 de Ayamonte (n° 998) 2ª Serie. *IGME.*
- MAGNE, J. y VIGUIER, C. (1970).— "Stratigraphie du Néogène de la bordure méridionale de la Sierra Morena entre Huelva et Carmona". *Bulletin de la Société Géologique de France.* T. XII, pp. 200-209, Paris.
- MESEGUER, J.; PRIETO, I.; ROSSO DE LUNA, I. y PEREZ REGODON, J. (1945).— "Investigación de los nuevos yacimientos de cobre en las provincias de Sevilla y Huelva". *Bol. IGME,* t. 58, 3ª Serie. Madrid.
- MIRRE, J.C. (?).— "Etude geologique du secteur de la Mine la Joya. Province de Huelva (Espagne)"? .
- MIYASHIRO, A. (1972).— "Metamorphism and related magmatism in plate tectonics". *Amer. Journ. of. Sc.* V. 272, p. 629-656.
- MOLIERE, P. (1977).— "Géologie d'une partie des zones meridionales de la ceinture sud-ibérique. La région de Valverde del Camino (Huelva, Espagne)". Thèse 3^{er} cycle. *Université Pierre et Marie Curie. Paris.* (Inédito).
- NAVARRO VAZQUEZ, D. y RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica 1:50.000 de Nerva (n° 938)". 2ª Serie. *IGME.*
- PERCONIG, E. (1966).— "Sobre la proposición del nuevo término estratigráfico andalucense para indicar la fase terminal del Mioceno de facies marina". *Notas y comunicaciones IGME,* vol, 91, p. 13-40, Madrid.
- PEREZ MATEOS y RIBA, O. (1961).— "Estudio de los sedimentos Pliocenos y Cuaternarios de Huelva". *II Reunión de Sedimentología C.S.I.C.* p. 88.94. Madrid.

- PINEDO VARA, I. (1963).— "Piritas de Huelva. Su historia, minería y aprovechamiento". *Ed. Summa. Madrid*. pp. 1-1003.
- PINEDO VARA, I. (1977).— "Minerales complejos de la cuenca de Huelva". *Industria-Minera*, n° 125, pp. 1-16.
- RAMBAUD PEREZ, F. (1963).— "Notas geológico-estructurales de la zona norte de Riotinto". *Est. Geol. Inst. Lucas Mallada*, t. 19. pp. 67-99.
- RAMBAUD PEREZ, F. (1969).— "El sinclinal carbonífero de Riotinto y sus mineralizaciones asociadas". *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.*, vol. 71 p. 229.
- RAMBAUD PEREZ, F. (1978).— "Distribución de focos volcánicos y yacimientos en la banda pirítica de Huelva". *Boletín Geológico y Minero*, t. 89-III. pp. 223-233.
- RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. (1976).— "Horizontes portadores de mineralización (sulfuros y manganeso), en la zona de El Castillo de las Guardas, de la Faja Pirítica del SO. de España. Parte I: Control estratigráfico. *Bol. Geol. y Min.* t. 87-V, pp. 480-489. Parte II: Control estructural. *Bol. Geol. y Min.*, t. 87-VI, pp. 593-606. *Madrid*.
- RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. y VAREA NIETO, R. (1978).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000 de El Castillo de las Guardas (n° 939)". 2ª Serie. *IGME*.
- RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. y LEYVA CABELLO, F. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica 1:50.000 de la Palma del Condado (n° 982)". 2ª Serie *IGME*.
- RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR, J. y NAVARRO VAZQUEZ, D. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica 1:50.000 de Valverde del Camino (n° 960)". 2ª Serie. *IGME*.
- RAMSAY, J.G. (1960).— "The deformation of early linear structures in areas of repeated folding". *Jour. Geol.*, Vol. 68, pp. 75-93.
- RITTMANN, A. (1963).— "Les volcans et leur activité". *Masson et Cie*. p. 461. Paris.
- ROCCI, G. y JUTEAU, T. (1968).— "Spilites-keratophyres et ophiolites. Influence de la traversée d'un socle sialique sur le magmatisme initial". *Geol. en Mijnbouw*, 47, 5, 330-339.
- ROUTHIER, M.P.; AYE, F. et all. (1976).— "Hétérogénéités et anisotropies de la distribution des gisements au sein d'une province métallogénique: la ceinture pyriteuse sud-ibérique". *C.R. Acad. Sc. Paris*. 5. 282, pp. 5-8.
- ROUTHIER, M.P.; AYE, F. et all. (1980).— "La ceinture sud-ibérique a amas sulfurés dans sa partie espagnole médiane". *Mem. BRGM* n° 94, 265 pp.

- SANTOS BONAÑO, A. y FERNANDEZ ALONSO, F. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000 de la Puebla de Guzmán (nº 958)". 2ª Serie *IGME*.
- SANTOS BONAÑO, A.; FERNANDEZ ALONSO, F. y LEYVA CABELLO, F. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja Geológica 1:50.000, de San Silvestre de Guzmán (nº 980) 2ª Serie *IGME*.
- SANTOS BONAÑO, A. y CONTRERAS VAZQUEZ, F. (1981).— "Memoria explicativa de la Hoja geológica 1:50.000 de Calañas (nº 959)". 2ª Serie. *IGME*.
- SAWKINS, F.J. and BURKE, K. (1980).— "Extensional Tectonics and Mid-Paleozoic Massive Sulfide Occurrences in Europe". *Geol. Rundschau*, nº 69-2, p. 349-360.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1970).— "The deposition of volcanics and pyrite in the Iberian Pyrite Belt". *Miner. Depos.*, vol. 5, pp. 273-279.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1970).— "Mafic geosynclinal volcanism in the Lower Carboniferous of South Portugal". *Geol. Mijnb.* vol. 49, pp. 439-450.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1971).— "An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt". *Bol. Geol. Min. Madrid.*, vol. 82-84, pp. 239-268.
- SCHERMERHORN L.J.C. (1971).— "Pyrite emplacement by gravity flow". *Bol. Geol. Min.* Vol. 82-84, pp. 304-308.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1975).— "Spilites, regional metamorphism and subduction in the Iberian Pyrite Belt: Somme comments". *Geol. Mijnb.*, vol. 54, pp. 23-35.
- SCHERMERHORN, L.J.C. (1975).— "Pumpellyite facies metamorphism in the Spanish Pyrite Belt". *Pétrologie*, t. 1, nº 1 pp. 71-86.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1976).— "The Aljustrel volcanics: megacryst tuff and green tuff (Aljustrel) and Gavião pyritite deposits, South Portugal". *Memorias e Noticias. Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Universidad Coimbra.* nº 82.
- SCHERMERHORN, L.J.G. (1976).— "Volcanism and Metallogenesis". *Geologie en Mijnbouw*, vol. 55 (3-4), pp. 205-210. *Rotterdam*.
- SCHERMERHORN, L.J.G. y STANTON, W.I. (1969).— "Folded overthrusts at Aljustrel (South Portugal)". *Geol. Mag. Cambridge* vol. 106, nº 2, pp. 130-141.
- SELLEY, R.C. (1976).— "Medios sedimentarios antiguos". *Edit. H. Blume. edic. Madrid.*, pp. 1-251.
- SOLER, E. (1971).— "Observations préliminaires sur la province métallogénique de Huelva. Stratigraphie et tectonique". *C. R. Acad. Sci. Paris.* t. 272, pp. 1197-2000.

- SOLER, E. (1973).— "L'association spilites-quartz-kératophyres du sudoest de la Péninsule Ibérique". *Geol. Mijnb. Rotterdam*. t. 52, n° 5, pp. 227-288.
- SOLOMON, M.; WALSHE, J.L. y GARCIA PALOMERO, F. (1980).— "Formation of massive sulphide deposits at Riotinto, Spain". *Inst. Mining. and Metallurgy. London*, pp. 16-24.
- STRAUSS, G.K. (1970).— "Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal)". *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.*, vol. 77, 266 p.
- STRAUSS, G.K. y MADEL, J. (1974).— "Geology of massive sulphide deposits in the Spanish-Portuguese pyrite-belt". *Geol. Rundschau* vol. 63, pp. 191-211. *Stuttgart*.
- STRAUSS, G.K., FERNANDEZ ALONSO, F., MADEL, J. (1974).— "La faja pirítica hispano-portuguesa y el papel de la geofísica en su investigación minera" *Industria Minera* 150. Madrid.
- STRAUSS, G.K.; MADEL, J. y FERNANDEZ ALONSO, F. (1974).— "La faja pirítica hispano-portuguesa y el papel de la geología en su prospección minera". *Industria Minera*, pp. 25-38.
- STRAUSS, G.K.; MADEL, J. y FERNANDEZ ALONSO, F. (1977).— Exploration practice for strata-bound volcanogenic sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt. *Geology, Geophysics and Geochemistry*. *Springer-Verlag. Berlin*. pp. 55-93.
- VAZQUEZ GUZMAN, F. (1976).— "Metalogenia de la mina Concepción (Almonaster la Real, Huelva, España). Su aplicación a la prospección de sulfuros masivos en el SO. de la Península Ibérica". *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*. t. 60. *Lisboa*.
- VAZQUEZ GUZMAN, F. (1977).— Geología, Metalogenia y Metodología de la Investigación de Sulfuros Polimetálicos del Suroeste de España" 1^{er} *Curso Rosso de Luna. Area II. IGME*.
- WALKER, R.G. (1978).— "Deep-Water Sandstone Facies and Ancient Submarine Fans: Models for Exploration for Stratigraphic Traps". *American Association of Petroleum Geologists* V. 62 n° 6 pp. 932-966.
- WEISS, L.E. (1959).— "Geometry of superposed folding". *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 70, pp. 91-106.
- WHITEN, E.H. (1966).— "Structural geology of folded rocks". *Rand-McNally. Chicago*. 663, p.
- WILLIAMS, D. (1934).— "The geology of the Riotinto mines, Spain", *Trans. Inst. Min. Met. Lond.*, vol. 43, pp. 593-640.

- * WILLIAMS, D. (1962).— "Further reflections on the origin of the porphyries and ores of Riotinto Spain". *Trans. Inst. Min. Met. London*, vol. 71 pp. 265-266.
- WILLIAMS, D. (1966).— "Volcanism and ore deposits". *Freiberger Forschungshete. C. 210 Leipzig*, pp. 93-111.



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 - MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA